

LEANE CHAMMA BARBAR PRZYBYSZ

**A GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS SOB A ÓTICA DO USUÁRIO DE
SANEAMENTO: ESTUDO DE CASO DA BACIA DO ALTO IGUAÇU**

CURITIBA

2007

LEANE CHAMMA BARBAR PRZYBYSZ

**A GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS SOB A ÓTICA DO USUÁRIO DE
SANEAMENTO: ESTUDO DE CASO DA BACIA DO ALTO IGUAÇU**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Cleverson Vitório Andreoli
Co-Orientador: Prof. Ph. D. Cristovão V. S. Fernandes

CURITIBA

2007

*Aos meus amores Sergio, Daniel e Jessica,
Por todos os momentos felizes.*

AGRADECIMENTOS

Aos professores e toda equipe do Departamento de Engenharia Hidráulica e Saneamento e do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental da Universidade Federal do Paraná, pela oportunidade de convivência e aprendizado.

Aos colegas da Sanepar, no fornecimento de dados e informações importantes para esta pesquisa, das áreas de educação socioambiental, de pesquisa e desenvolvimento, de recursos hídricos, gestão ambiental, sistema de informações, da informática, de projetos especiais, de produção e tratamento de água e tratamento de esgotos de Curitiba e Região Metropolitana e do Paranasan.

Aos meus pais Ibrahim e Tamen pelo amor incondicional, minha sogra pelo apoio e irmã Leila e sobrinha Thaís em compartilhar os momentos difíceis.

Ao professor Cristovão Fernandes, pela oportunidade de participar do Projeto Enquadramento, aprender novos conceitos, parceria e preciosa orientação à minha pesquisa.

Às amigas Marianne França, Cristina Marin e Ana Paula Brites, pelos esclarecimentos, trocas de idéia e disposição em sempre ajudar.

Às colegas Adriana Malinowski, Letícia Masini, Clarissa Scuissiato, Márcia Chella, Josete Sá e Rita Sbríssia pelo apoio de todas as horas.

À equipe da diretoria de Meio Ambiente e Ação social da Sanepar, em especial Erica e Yáskara pelo estímulo nas horas difíceis.

À Nazareth de Oliveira, pela amizade e troca de idéias na orientação desta pesquisa e à professora Regina Kishi, pela colaboração no modelo de qualidade da água.

À Heloise Knapik, pela paciência e boa vontade, seja para tirar dúvidas ou na sugestão de gráficos maravilhosos.

À Maria Arlete Rosa, diretora da Sanepar, pelo apoio e confiança depositada em mim para o desenvolvimento desta pesquisa.

À Professora Mônica Porto, pela liderança em mostrar sempre o melhor caminho.

Ao amigo, professor e orientador Cleverson Andreoli, pela importante contribuição e orientação neste projeto.

Aos colegas da SUDERHSA e IAP, pelo fornecimento das informações.

Às demais pessoas que de alguma forma apoiaram ou colaboraram para a execução deste trabalho.

*“Aqui ou ali, não interessa
Devemos estar imóveis e contudo mover-nos
Rumo à outra intensidade (...)
Em meu fim está meu princípio”
T.S. Eliot*

SUMÁRIO

| | |
|--|--------------|
| LISTA DE FIGURAS | x |
| LISTA DE TABELAS | xiii |
| LISTA DE QUADROS..... | xiv |
| LISTA DE SIGLAS..... | xv |
| RESUMO..... | xvii |
| ABSTRACT..... | xviii |
| 1 INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1 JUSTIFICATIVA | 3 |
| 1.2 OBJETIVOS | 4 |
| 1.2.1 Objetivo Geral..... | 4 |
| 1.2.2 Objetivos Específicos | 5 |
| 1.3 RESULTADOS ESPERADOS | 5 |
| 1.4 ESTRUTURA E ORGANIZAÇÃO DESTA DISSERTAÇÃO | 6 |
| 2 ASPECTOS CONCEITUAIS PARA A GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS E A GESTÃO DO SANEAMENTO | 9 |
| 2.1 DISPONIBILIDADE DE ÁGUA | 9 |
| 2.1.1 Disponibilidade de Água no Mundo | 10 |
| 2.1.2 Disponibilidade de Água no Brasil | 11 |
| 2.1.3 Na Região Metropolitana de Curitiba..... | 13 |
| 2.2 O SANEAMENTO NO CONTEXTO DA GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS..... | 15 |
| 2.3 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL BRASILEIRA E A GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS..... | 18 |
| 2.3.1 Breve Histórico | 18 |
| 2.3.2 Política Nacional de Recursos Hídricos..... | 20 |
| 2.3.3 Instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos | 21 |
| 2.3.4 Formas de Incentivo para a Implementação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos - SINGREH..... | 23 |
| 2.4 IMPLEMENTAÇÃO DO INSTRUMENTO DE ENQUADRAMENTO NO BRASIL..... | 24 |
| 2.4.1 A Resolução CONAMA 357/2005, Enquadramentos dos Corpos de Água e a Gestão dos Recursos Hídricos | 27 |

| | |
|--|-----------|
| 2.5 PROJETOS PARA O ENQUADRAMENTO DE CORPOS DE ÁGUA NA BACIA DO ALTO IGUAÇU..... | 30 |
| 2.5.1 Projeto Iguaçu | 30 |
| 2.5.2 Projeto Enquadramento - USP e UFPR..... | 34 |
| 2.6 MEDIDAS DE DESPOLUIÇÃO HÍDRICA PARA A GESTÃO DO SANEAMENTO - PROCESSOS DE TRATAMENTO..... | 36 |
| 2.6.1 Sistema de Esgotamento Sanitário | 36 |
| 2.6.2 Principais Problemas Ocasionados pelas Ligações Irregulares ou Ligações Clandestinas de Esgotos | 37 |
| 2.6.3 Programas de Regularização das Ligações de Esgotos na Rede Pública | 39 |
| 2.6.4 Sistemas de Tratamento de Esgotos..... | 40 |
| 2.6.5 Aspectos Importantes para a Seleção do Processo de Tratamento de Esgotos | 41 |
| 3 PAPEL DO USUÁRIO NA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS..... | 45 |
| 3.1 ATRIBUIÇÃO DE UMA EMPRESA DE SANEAMENTO E SEUS OBJETIVOS .. | 45 |
| 3.2 OBJETIVOS SETORIAIS – POLÍTICA | 49 |
| 3.3 PLANOS DIRETORES DE ÁGUA E ESGOTO - IMPORTÂNCIA E DIFICULDADES..... | 50 |
| 3.4 INSERÇÃO NA POLÍTICA DE RECURSOS HÍDRICOS | 51 |
| 3.4.1 Recuperação de Corpos de Água - Enquadramento | 53 |
| 3.4.2 Outorga de Uso de Recursos Hídricos | 55 |
| 3.4.3 Cobrança pelo Uso de Água..... | 58 |
| 3.5 A IMPORTÂNCIA CONCEITUAL DA INTEGRAÇÃO DA GESTÃO DO SANEAMENTO E DA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NO CASO DA BACIA DO ALTO IGUAÇU..... | 59 |
| 4 MATERIAIS E MÉTODOS | 61 |
| 4.1 ÁREA DE ESTUDO | 61 |
| 4.2 METODOLOGIA PROPOSTA PARA ENQUADRAMENTO DAS BACIAS DO RIO PALMITAL E PIANDUVA..... | 63 |
| 4.3 MONITORAMENTO QUALITATIVO E QUANTITATIVO | 66 |
| 4.4 MATRIZ DE FONTES DE POLUIÇÃO | 68 |
| 4.5 ESTUDOS HIDROLÓGICOS | 69 |
| 4.6 MODELO DE QUALIDADE DA ÁGUA – QUAL2E | 71 |

| | |
|--|-----------|
| 4.6.1 Discretização Espacial..... | 72 |
| 4.6.2 Simulação da Qualidade da Água no Modelo QUAL2E..... | 76 |
| 4.6.3 Calibração do modelo QUAL2E..... | 76 |
| 4.7 MEDIDAS DE DESPOLUIÇÃO HÍDRICA..... | 78 |
| 4.7.1 Proposta de Remoção de Cargas x Cenários | 78 |
| 4.7.2 Execução de Medidas de Despoluição..... | 80 |
| 4.7.3 Funções de Custos e Tecnologias de Tratamento | 86 |
| 4.7.3.1 Estimativas de Investimentos através da Função de Custos – FC1 | 86 |
| 4.7.3.2 Estimativas de Investimentos através da Função de Custos – FC2..... | 89 |
| 4.7.3.3 Estimativas de Investimentos através da Função de Custos do Ministério das Cidades – FC3..... | 90 |
| 4.7.4 Aplicação das Funções de Custos nas Bacias dos Rios Palmital e Pianduva.. | 91 |
| 4.8 METAS PROGRESSIVAS..... | 92 |
| 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES | 93 |
| 5.1 RESULTADOS DA SIMULAÇÃO DE CENÁRIOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PALMITAL | 94 |
| 5.1.1 Diagnóstico e Prognóstico de Qualidade de Água do Rio Palmital – DBO..... | 94 |
| 5.1.2 Diagnóstico e Prognóstico de Qualidade de Água do Rio Palmital – OD | 101 |
| 5.1.3 Reavaliação do Diagnóstico e Prognóstico de Qualidade de Água sob a ótica da Vazão de Referência – Rio Palmital | 105 |
| 5.1.4 Enquadramento sob a Perspectiva do Risco – Foz do Rio Pamital..... | 118 |
| 5.1.5 Avaliação da Qualidade da Água em Pontos Estratégicos ao Longo do Rio Palmital | 123 |
| 5.1.6 Resultados da Função de Custos para as Simulações sos Cenários A, S1, S e IDEAL na Bacia Hidrográfica do Rio Palmital | 127 |
| 5.1.6.1 Avaliação de custo dos cenários | 127 |
| 5.1.6.2 Avaliação de eficácia dos investimentos | 130 |
| 5.1.7 Proposta de Enquadramento do Rio Palmital sob a ótica do Usuário de Recursos Hídricos..... | 135 |
| 5.2 RESULTADOS DA SIMULAÇÃO DE CENÁRIOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIANDUVA | 142 |
| 5.2.1 Diagnóstico e Prognóstico de Qualidade de Água do Rio Pianduva – DBO... | 143 |
| 5.2.2 Diagnóstico e Prognóstico de Qualidade de Água do Rio Pianduva – OD | 149 |

| | |
|---|------------|
| 5.2.3 Reavaliação do Diagnóstico e Prognóstico de Qualidade de Água sob a Ótica da Vazão de Referência – Rio Pianduva | 153 |
| 5.2.4 Enquadramento sob a Perspectiva do Risco – Foz do Rio Pianduva..... | 165 |
| 5.2.5 Resultados da Função de Custos para as Simulações dos Cenários A, S1, S e IDEAL na Bacia Hidrográfica do Rio Pianduva | 170 |
| 5.2.5.1 Avaliação de custo dos cenários | 170 |
| 5.2.5.2 Avaliação de eficácia dos Investimentos | 174 |
| 5.2.6 Proposta de Enquadramento do Rio Pianduva sob a ótica do Usuário de Recursos Hídricos..... | 179 |
| 6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES | 185 |
| REFERÊNCIAS | 191 |
| APÊNDICES..... | 197 |
| ANEXOS | 245 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|-----|
| FIGURA 1 - PACTO DE COMITÊ PARA REDUÇÃO DE POLUIÇÃO | 29 |
| FIGURA 2 - BACIAS HIDROGRÁFICAS DO RIO PALMITAL E RIO PIANDUVA NO CONTEXTO DA BACIA DO ALTO IGUAÇU..... | 63 |
| FIGURA 3 - ETAPAS ESSENCIAIS PARA EFETIVAÇÃO DO ENQUADRAMENTO | 65 |
| FIGURA 4 - LOCAIS DEFINIDOS PARA MONITORAMENTO NA BACIA DO ALTO IGUAÇU..... | 67 |
| FIGURA 5 - DIAGRAMA TOPOLÓGICO DA BACIA DO ALTO IGUAÇU, COM LOCALIZAÇÃO DOS PRINCIPAIS AFLUENTES E DOS PONTOS DE MONITORAMENTO | 73 |
| FIGURA 6 - DIAGRAMA TOPOLÓGICO DA BACIA DO RIO PALMITAL | 74 |
| FIGURA 7 - DIAGRAMA TOPOLÓGICO DA BACIA DO RIO PIANDUVA | 75 |
| FIGURA 8 - FUNÇÕES DE CUSTO DE INVESTIMENTO OBTIDAS PARA OS TRÊS TIPOS DE PROCESSOS ANALISADOS | 87 |
| FIGURA 9 - FUNÇÕES DE CUSTOS PARA COMBINAÇÕES DE PROCESSOS DE TRATAMENTO | 88 |
| FIGURA 10 -EVOLUÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA – CENÁRIOS X VAZÕES – ANO DE 2005 – DBO..... | 95 |
| FIGURA 11 -EVOLUÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA – CENÁRIOS X VAZÕES – ANO DE 2015 – DBO..... | 98 |
| FIGURA 12 -EVOLUÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA – CENÁRIOS X VAZÕES – ANO DE 2025 – DBO..... | 100 |
| FIGURA 13 -EVOLUÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA – CENÁRIOS X VAZÕES – ANO DE 2005 – OD | 102 |
| FIGURA 14 -EVOLUÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA – CENÁRIOS X VAZÕES – ANO DE 2015 – OD | 103 |
| FIGURA 15 -EVOLUÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA – CENÁRIOS X VAZÕES – ANO DE 2025 – OD | 104 |
| FIGURA 16 -PERFIL DE DBO – EVOLUÇÃO ANOS X VAZÃO – DIAGNÓSTICO | 106 |
| FIGURA 17 -PERFIL DE DBO – EVOLUÇÃO ANOS X VAZÃO – CENÁRIO A..... | 107 |

| | |
|---|-----|
| FIGURA 18 - PERFIL DE DBO – EVOLUÇÃO ANOS X VAZÃO – CENÁRIO S1... | 108 |
| FIGURA 19 - PERFIL DE DBO – EVOLUÇÃO ANOS X VAZÃO – CENÁRIO S..... | 109 |
| FIGURA 20 - PERFIL DE DBO – EVOLUÇÃO ANOS X VAZÃO – CENÁRIO IDEAL..... | 111 |
| FIGURA 21 - PERFIL DE OD – EVOLUÇÃO ANOS X VAZÃO – DIAGNÓSTICO.. | 112 |
| FIGURA 22 - PERFIL DE OD – EVOLUÇÃO ANOS X VAZÃO – CENÁRIO A | 113 |
| FIGURA 23 - PERFIL DE OD – EVOLUÇÃO ANOS X VAZÃO – CENÁRIO S1 | 114 |
| FIGURA 24 - PERFIL DE OD – EVOLUÇÃO ANOS X VAZÃO – CENÁRIO S | 116 |
| FIGURA 25 - PERFIL DE OD – EVOLUÇÃO ANOS X VAZÃO – CENÁRIO IDEAL | 117 |
| FIGURA 26 - EVOLUÇÃO DA PERMANÊNCIA: CENÁRIOS – ANOS – RIO PALMITAL – DBO | 120 |
| FIGURA 27 - EVOLUÇÃO DA PERMANÊNCIA: CENÁRIOS – ANOS – RIO PALMITAL – OD | 122 |
| FIGURA 28 - EVOLUÇÃO DA PERMANÊNCIA DBO – RIO PALMITAL KM 8 E KM12..... | 124 |
| FIGURA 29 - EVOLUÇÃO DA PERMANÊNCIA OD – RIO PALMITAL KM 8 E KM12..... | 126 |
| FIGURA 30 - CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO DOS CENÁRIOS A, S1, S E IDEAL .. | 128 |
| FIGURA 31 - CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO DOS CENÁRIOS A, S1, S E IDEAL – FC3 | 130 |
| FIGURA 32 - FUNÇÃO CUSTO X CENÁRIOS X CONCENTRAÇÃO DE DBO NA FOZ – RIO PALMITAL | 134 |
| FIGURA 33 - FUNÇÃO CUSTO X CENÁRIOS X CONCENTRAÇÃO DE OD NA FOZ – RIO PALMITAL | 135 |
| FIGURA 34 - PROPOSTA DE ENQUADRAMENTO – RIO PALMITAL | 140 |
| FIGURA 35 - CUSTOS DE INVESTIMENTO – ENQUADRAMENTO DO RIO PALMITAL..... | 142 |
| FIGURA 36 - EVOLUÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA – CENÁRIOS X VAZÕES – ANO DE 2005 – DBO..... | 144 |
| FIGURA 37 - EVOLUÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA – CENÁRIOS X VAZÕES – ANO DE 2015 – DBO..... | 146 |
| FIGURA 38 - EVOLUÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA – CENÁRIOS X VAZÕES – ANO DE 2025 – DBO..... | 148 |

| | |
|--|-----|
| FIGURA 39 -EVOLUÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA – CENÁRIOS X VAZÕES – ANO DE 2005 – OD | 150 |
| FIGURA 40 -EVOLUÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA – CENÁRIOS X VAZÕES – ANO DE 2015 – OD | 151 |
| FIGURA 41 -EVOLUÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA – CENÁRIOS X VAZÕES – ANO DE 2025 – OD | 152 |
| FIGURA 42 -PERFIL DE DBO – EVOLUÇÃO ANOS X VAZÃO – DIAGNÓSTICO | 154 |
| FIGURA 43 -PERFIL DE DBO – EVOLUÇÃO ANOS X VAZÃO – CENÁRIO A..... | 155 |
| FIGURA 44 -PERFIL DE DBO – EVOLUÇÃO ANOS X VAZÃO – CENÁRIO S1.... | 156 |
| FIGURA 45 -PERFIL DE DBO – EVOLUÇÃO ANOS X VAZÃO – CENÁRIO S..... | 157 |
| FIGURA 46 -PERFIL DE DBO – EVOLUÇÃO ANOS X VAZÃO – CENÁRIO IDEAL..... | 158 |
| FIGURA 47 -PERFIL DE OD – EVOLUÇÃO ANOS X VAZÃO – DIAGNÓSTICO.. | 160 |
| FIGURA 48 -PERFIL DE OD – EVOLUÇÃO ANOS X VAZÃO – CENÁRIO A | 161 |
| FIGURA 49 -PERFIL DE OD – EVOLUÇÃO ANOS X VAZÃO – CENÁRIO S1 | 162 |
| FIGURA 50 -PERFIL DE OD – EVOLUÇÃO ANOS X VAZÃO – CENÁRIO S | 163 |
| FIGURA 51 -PERFIL DE OD – EVOLUÇÃO ANOS X VAZÃO – CENÁRIO IDEAL | 164 |
| FIGURA 52 -EVOLUÇÃO DA PERMANÊNCIA: CENÁRIOS – ANOS – RIO PIANDUVA – DBO | 166 |
| FIGURA 53 -EVOLUÇÃO DA PERMANÊNCIA: CENÁRIOS – ANOS – RIO PIANDUVA – OD..... | 168 |
| FIGURA 54 -EVOLUÇÃO DA PERMANÊNCIA DBO – RIO PIANDUVA KM 7 | 169 |
| FIGURA 55 -EVOLUÇÃO DA PERMANÊNCIA OD – RIO PIANDUVA KM 7..... | 170 |
| FIGURA 56 -CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO DOS CENÁRIOS A, S1, S E IDEAL .. | 172 |
| FIGURA 57 -CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO DOS CENÁRIOS A, S1, S E IDEAL – FC3 | 174 |
| FIGURA 58 -FUNÇÃO CUSTO X CENÁRIOS X CONCENTRAÇÃO DE DBO NA FOZ – RIO PIANDUVA | 178 |
| FIGURA 59 -FUNÇÃO CUSTO X CENÁRIOS X CONCENTRAÇÃO DE OD NA FOZ – RIO PIANDUVA | 179 |
| FIGURA 60 -PROPOSTA DE ENQUADRAMENTO – RIO PIANDUVA | 181 |
| FIGURA 61 -CUSTOS DE INVESTIMENTO – ENQUADRAMENTO DO RIO PIANDUVA..... | 183 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|-----|
| TABELA 1 - LIMITES DE DBO E OD PARA AS CLASSES DE ENQUADRAMENTO | 54 |
| TABELA 2 - POPULAÇÃO ATENDIDA COM COLETA E TRATAMENTO DE ESGOTO NA BACIA DO PALMITAL E PIANDUVA | 62 |
| TABELA 3 - INDICAÇÃO DOS PONTOS DE MONITORAMENTO | 66 |
| TABELA 4 - PROPOSIÇÃO DE MEDIDAS DE DESPOLUIÇÃO ATRAVÉS DE CENÁRIOS A, S1, S E IDEAL | 80 |
| TABELA 5 - EXECUÇÃO DE MEDIDAS | 81 |
| TABELA 6 - CUSTO DOS CENÁRIOS – PALMITAL | 129 |
| TABELA 7 - CUSTOS DAS MEDIDAS DE DESPOLUIÇÃO E CONCENTRAÇÃO DE DBO E OD NA FOZ E PONTO MÉDIO (KM 8)–RIO PALMITAL | 131 |
| TABELA 8 - METAS PARA ENQUADRAMENTO DO RIO PALMITAL – Q 80%... | 141 |
| TABELA 9 - CUSTOS DOS CENÁRIOS – PIANDUVA | 173 |
| TABELA 10 - CUSTOS DAS MEDIDAS DE DESPOLUIÇÃO E CONCENTRAÇÃO DE DBO E OD NA FOZ E PONTO MÉDIO (KM 7)–RIO PIANDUVA | 175 |
| TABELA 11 - METAS PARA ENQUADRAMENTO DO RIO PIANDUVA | 182 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|----|
| QUADRO 1 - RESERVATÓRIOS E TEMPO DE RENOVAÇÃO DA ÁGUA NO MUNDO..... | 11 |
| QUADRO 2 - EVOLUÇÃO DA DEMANDA HÍDRICA EM CURITIBA E REGIÃO METROPOLITANA..... | 13 |
| QUADRO 3 - MANANCIAIS DO ALTO IGUAÇU - ÁREA E VAZÃO DE PRODUÇÃO REGULARIZADA..... | 15 |
| QUADRO 4 - SITUAÇÃO ATUAL DO ENQUADRAMENTO DOS CORPOS DE ÁGUA | 25 |
| QUADRO 5 - SITUAÇÃO DAS LIGAÇÕES DE ESGOTOS DOMÉSTICOS NA RMC | 39 |
| QUADRO 6 - NÍVEIS E PROCESSOS DE TRATAMENTO DOS ESGOTOS..... | 41 |
| QUADRO 7 - CONCENTRAÇÕES MÉDIAS EFLUENTES E EFICIÊNCIAS TÍPICAS DE REMOÇÃO DOS PRINCIPAIS POLUENTES DE INTERESSE NOS ESGOTOS DOMÉSTICOS..... | 43 |
| QUADRO 8 - CLASSIFICAÇÃO DE CORPOS DE ÁGUA DOCE..... | 54 |

LISTA DE SIGLAS

ANA - Agência Nacional de Águas
BDI - Bonificação e Despesas Indiretas
CECA - Comissão Estadual de Controle Ambiental
CEPRAM - Conselho Estadual de Meio Ambiente
CNRH - Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente
COPAM - Conselho da Política Ambiental
CT-HIDRO - Fundo Setorial de Recursos Hídricos
DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio
DBO_{med} - Valores médios de concentração de DBO
DZS - Diretrizes
EEE - Estação Elevatória de Esgotos
ETEs - Estações de Tratamento de Esgotos
FC - Função de Custos
FEEMA - Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente
FEPAM - Fundação Estadual de Proteção Ambiental
GM - Gabinete do Ministro
mg/L - concentração em miligramas por litro
MINTER - Ministério do Interior
OD - Oxigênio Dissolvido
OD_{med} - Valores médios de concentração de OD
PLANASA - Plano Nacional de Saneamento
PVC - Policloreto de Vinila
Q_{80%} - Vazão de Referência com 80% de permanência
Q_{95%} - Vazão de Referência com 95% de permanência
Q_{mlp} - Vazão Média de Longo Período
RALF - Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente
RMC - Região Metropolitana de Curitiba
SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
SINGREH - Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SISNAMA - Sistema Nacional do Meio Ambiente

SRH - Secretaria de Recursos Hídricos

SUDERHSA - Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e
Saneamento Ambiental

SURHEMA - Superintendência de Recursos Hídricos e Meio Ambiente

UASB – Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente

UFPR - Universidade Federal do Paraná

USP - Universidade de São Paulo

VF - Valor Futuro

VP - Valor Presente

RESUMO

A Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997, traz significativa e moderna contribuição para a gestão de recursos hídricos através de seus instrumentos, visando à efetivação da Política Nacional de Recursos Hídricos quais sejam: o plano de recursos hídricos, o enquadramento de corpos de água, a outorga do direito de uso dos recursos hídricos, a cobrança pelo uso e o sistema de informações. Esta pesquisa apresenta uma análise sobre a aplicação do enquadramento com metas progressivas sob a ótica de um usuário de recursos hídricos, utilizando como estudo de caso as bacias dos rios Palmital e Pianduva na Região Metropolitana de Curitiba. O enquadramento é uma ferramenta de planejamento do uso da água, levando-se em consideração a finalidade e a qualidade da água que se pretende obter, considerando a classificação estabelecida pela Resolução CONAMA 357/05, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e estabelece diretrizes ambientais para seu enquadramento. O grande avanço desta legislação está na possibilidade de serem estabelecidas metas progressivas intermediárias visando o atendimento à meta final de enquadramento. Este processo constitui-se num instrumento normativo e de planejamento de extrema importância para o setor de saneamento, pois possibilita a otimização dos recursos financeiros, escassos, na busca da universalização do tratamento dos esgotos, com os benefícios diretos na saúde pública, nas questões sociais e ambientais. Neste trabalho são avaliados diversos cenários de medidas de despoluição hídrica visando a melhoria da qualidade da água na perspectiva do enquadramento. Para cada cenário proposto, são estimados custos de investimentos para implantação das medidas de despoluição e elaboradas propostas de enquadramento com metas intermediárias para a remoção de carga orgânica. Este trabalho apresenta uma proposta metodológica para enquadramento de corpos de água através de metas progressivas e demonstra a importância do planejamento e priorização de medidas de despoluição em função dos recursos financeiros disponíveis.

ABSTRACT

The Brazilian Federal law 9.433/1997 highlights a modern and relevant contribution to water resources planning and management of watersheds through what is conceptually defined as instruments, looking forward to the Water Resources National Politics. These instruments are: the Watershed Water Plan; the River Water Quality Standard Plan; The right to use of water; the charging of use of water; the information system. This work shows an analysis for the application of progressives goals concept to define water quality standards of a river system through the view of an important user inside the watershed, having as case study the Palmital and Pianduva's rivers both of them within the Metropolitan Region of Curitiba. The River Water Quality Standard Plan is a classification proposal that considers the main use of water, as established by the CONAMA 357/05 resolution. The main progress defined by this legislation is on the possibility of being established intermediary progressives goals, looking forward to the final classification objective that considers the appropriate water use as desired by the Watershed Committee. This process is a normative instrument that should address relevant issues on this matter as the optimization of financial resources and the best strategy for the global sewer treatment that will guarantee direct benefits on public health, and, more specifically, over important social and environmental questions. This research considers different pollution control measures trying to get to a better quality of water on the classification perspective. For each situation, investment costs are estimated to implement the solution techniques. As a consequence, under this point of view, a Water quality standard plan is proposed as a methodology for bigger systems with intermediate goals to assure the appropriate level of organic material removal. The work brings an original and significant contribution as it addresses by the first time the concept of progressive goals through the view of an user. Additionally, it shows methods to the classification to water bodies with progressives goals and stands out the importance of planning not only in the context of the Watershed Committee but also inside the Water utility company, especially under a environment of lack of financial resources.

1 INTRODUÇÃO

A sustentabilidade do Planeta Terra está diretamente relacionada com a existência de água. Não há vida sem água, seja para consumo direto ou para a manutenção dos ecossistemas.

A preocupação mundial para assegurar o suprimento de água, tanto em termos de quantidade como qualidade, tem proporcionado reflexões em todas as esferas visando desencadear ações para a proteção dos recursos hídricos. Entretanto, a poluição que afeta os rios, lagos e nascentes, seja pela ocupação inadequada ou pelos lançamentos de esgotos domésticos e industriais sem tratamento, têm dificultado ou inviabilizado o fornecimento para consumo humano.

No Brasil, com o Código de Águas sancionado em 1934, deu-se o início de bases legais para o disciplinamento o uso das águas, dando preferência à derivação para abastecimento humano. Esta obra foi considerada inovadora para a época, constituindo uma das mais completas normas legais sobre águas. Entretanto, após a instituição do Código das Águas, o período foi caracterizado por decisões centralizadas e burocráticas de gestão de recursos hídricos, cujo objetivo principal era de fazer cumprir os dispositivos legais de concessão e autorização de uso da água, licenciamento de obras, ações de fiscalização, de interdição ou multa através das instituições públicas (CETEC, 1996).

Os resultados dessa forma de gestão dos recursos hídricos não produziram o efeito esperado, de reduzir os problemas ambientais, mais especificamente da poluição dos recursos hídricos, pois, além das dificuldades do poder público de manter uma estrutura de fiscalização, o modelo não abrangia outra forma de negociação e planejamento participativo da sociedade e governo.

Dentro deste contexto de melhorar a forma de gestão dos recursos hídricos, a Lei 9.433, conhecida como “Lei das Águas”, foi instituída em 08 de janeiro de 1997, e se constitui em uma das mais modernas e arrojadas propostas de gestão pública, representando um marco histórico para a implementação do sistema de gestão integrado e participativo no Brasil (Plano Nacional de Recursos Hídricos, MMA, 2006).

Caracteriza-se como grande desafio a ser superado por esta legislação a efetiva integração da gestão dos recursos hídricos e gestão ambiental em todas as

esferas de atuação. Segundo PORTO (2002), essa é a maior dificuldade encontrada hoje pelo sistema de gestão de recursos hídricos.

Entre os avanços advindos da Lei 9.433/97, podem-se destacar dois fundamentos essenciais a que se referem os incisos V e VI do seu artigo 1º: a bacia hidrográfica como unidade territorial para implementação da Política de Recursos Hídricos, bem como a determinação legal de que a sua gestão deve ser descentralizada e contar com a participação de todos – Poder Público, Setores Usuários e Sociedade Civil através de Comitês de Bacias Hidrográficas e Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos.

Reforçando a base do conceito de sustentabilidade dos recursos ambientais, notadamente os recursos hídricos, a Lei traz os seguintes princípios: (a) a água é um bem de domínio público; (b) a água é um recurso limitado, dotado de valor econômico; (c) estabelece a prioridade para o consumo humano; (d) prioriza o uso múltiplo dos recursos hídricos; (e) a bacia hidrográfica como a unidade de planejamento; (f) gestão descentralizada.

A Lei apresenta os instrumentos de gestão para viabilizar a efetiva implantação da Política, a saber: Planos de Recursos Hídricos, Enquadramento dos rios em classes, Outorga dos direitos de uso dos recursos hídricos, Cobrança pelo uso da água e Sistema de Informações. Os Planos são considerados como Planos Diretores e devem buscar uma visão de longo prazo, compatibilizando aspectos quantitativos e qualitativos da água. O enquadramento trata de definição da compatibilidade da qualidade da água e seus usos, buscando a minimização dos impactos. O processo de outorga visa assegurar a disponibilidade de água respeitando os critérios qualitativos para os diversos usos. O sistema de informações disponibiliza as informações que caracterizam as condições hídricas da bacia em termos de quantidade e qualidade da água. A cobrança pelo uso da água visa incentivar o uso racional e reconhecer a água como um recurso natural dotado de valor econômico.

A Lei também estabelece que o mecanismo de gestão descentralizada ocorrerá através do Conselho e Comitê de Bacia, com o apoio de Agência Executiva. Será através do Comitê de Bacia que se dará efetivamente a implantação da Lei de Recursos Hídricos.

A forma singular e mais eficaz da concretização da gestão dos recursos hídricos no Brasil é através da Lei 9.433/97. E os desafios são inúmeros que vão desde a disponibilidade de conceitos básicos para os técnicos e gestores de recursos hídricos, até o desenvolvimento e a aplicação de seus instrumentos de gestão, bem como o estabelecimento de metodologias que respeitam as peculiaridades de cada bacia.

1.1 JUSTIFICATIVA

Um dos instrumentos mais importantes para a gestão de recursos hídricos é o de enquadramento de corpos de água. Segundo PORTO (2002), o instrumento “enquadramento dos corpos de água segundo classes de usos preponderantes”, que é parte da Lei 9.433/97, deriva da necessidade de manter a integração entre a gestão da quantidade e da qualidade da água. Assim, ao se decidir sobre os usos da água que serão prioritários na bacia, automaticamente estão definidos os objetivos de qualidade da água que darão sustentabilidade a esses usos.

Para o estabelecimento do enquadramento é necessário pesquisar os usos aos quais se destinam os corpos de água, tanto os usos atuais quanto os potenciais. O enquadramento constitui-se num instrumento legal, sujeito às revisões periódicas e a evolução da situação da bacia. Esse instrumento é muito valioso para subsidiar os planos de recursos hídricos, porque traduz, em última análise, as metas de qualidade para a bacia. O enquadramento é uma forma de compatibilizar os usos múltiplos, de forma disciplinada, sob a ótica da qualidade da água.

Quando se fala em implantação de projetos ou ações para recuperação da qualidade da água, uma questão que merece igual destaque e não pode ser excluída da análise é a estimativa de recursos financeiros disponíveis e a priorização das ações, pois todo o processo de recuperação da qualidade da água exige investimento e obras de grande porte. A recuperação e a gestão da qualidade da água não podem ser encaradas apenas como controle da poluição, mas sim como aumento da disponibilidade hídrica.

A pesquisa em referência faz uma análise da importância de se estabelecer um planejamento para a recuperação da qualidade da água na bacia hidrográfica do

Alto Iguaçu visando atender as metas de enquadramento, bem com estimativas de recursos financeiros necessários para a implantação de obras de saneamento. Também demonstra os resultados das simulações dos parâmetros DBO e OD para diversas medidas de despoluição hídrica através de cenários.

Porém, a principal contribuição do trabalho é a apresentação de uma proposta metodológica de enquadramento de corpos de água, destacando a aplicabilidade nas bacias do Palmital e Pianduva, afluentes da bacia do rio Iguaçu na Região Metropolitana de Curitiba.

O aspecto conceitual desta pesquisa é orientativa e parte da visão do usuário sobre a implementação de um instrumento de gestão. Entende-se ser esta análise uma proposta original que tem seu fundamento orientativo para técnicos e órgãos gestores de recursos hídricos. Em especial, o incentivo para que órgãos setoriais e usuários de recursos hídricos participem de forma mais efetiva na consolidação de Planos de Bacias e seus instrumentos.

1.2 OBJETIVOS

O trabalho apresenta uma abordagem sobre a problemática da disponibilidade e gestão de qualidade da água para Curitiba e Região Metropolitana e a estratégia de despoluição para um horizonte temporal. A Política Nacional de Recursos Hídricos é analisada sob a perspectiva do setor de saneamento e descreve-se um breve histórico da legislação ambiental brasileira. São também analisados os instrumentos de gestão da Lei 9.433/97. O enquadramento é o foco principal deste trabalho e é aplicado na bacia do Alto Iguaçu conforme a metodologia proposta no Projeto Bacias Críticas: bases técnicas para a definição de metas progressivas e sua integração com os demais instrumentos de gestão (PORTO et al., 2006).

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral desta pesquisa é o de analisar os instrumentos de gestão de recursos hídricos, especificamente o enquadramento de corpos de águas e sua

interface com o setor de saneamento básico, indicando uma proposta metodológica para o enquadramento sob a perspectiva do usuário de recursos hídricos, visando à proteção da qualidade da água da bacia do Alto Iguaçu.

1.2.2 Objetivos Específicos

1. Propor uma metodologia e as principais etapas que deverão ser consideradas no processo de enquadramento de corpos de água;
2. Avaliar a qualidade da água, a partir da metodologia proposta, para o cenário tendencial (diagnóstico e prognóstico) das bacias hidrográficas dos rios Palmital e Pianduva, inseridas na bacia do Alto Iguaçu, no sentido de verificar a evolução da qualidade da água para distintas vazões de permanência;
3. Analisar alternativas de cenários para enquadramento na foz dos rios Palmital e Pianduva, na perspectiva do risco e em pontos estratégicos;
4. Estimar os recursos financeiros necessários para cada cenário simulado através das funções de custos e avaliar a eficácia dos investimentos em detrimento à qualidade;
5. Elaborar propostas de enquadramento, conforme Resolução CONAMA 357/05, para rio Palmital e rio Pianduva, sob a ótica do usuário de recursos hídricos, através de metas progressivas intermediárias e finais.

1.3 RESULTADOS ESPERADOS

A gestão de recursos hídricos pressupõe a compatibilização entre atender as demandas advindas dos usos múltiplos e administrar conflitos gerados entre os usuários. Para a boa gestão de recursos hídricos, é preciso implantar instrumentos que assegurem a qualidade adequada e quantidade suficiente para atendimento a todos os usos previstos na bacia.

Neste enfoque, a finalidade desta pesquisa é a apresentação de uma metodologia simples e as principais etapas que devem ser consideradas na

elaboração de uma proposta de enquadramento de corpos de água. Como estudo de caso, pretende-se apontar uma proposta de enquadramento para as bacias hidrográficas do Palmital e do Pianduva.

1.4 ESTRUTURA E ORGANIZAÇÃO DESTA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação indica uma proposta metodológica para o enquadramento de corpos de água, tomando como estudo de caso a bacia do Alto Iguaçu. Esta bacia é objeto de vários estudos por parte de pesquisadores e instituições de ensino, tendo em vista seu alto grau de importância para Curitiba e Região Metropolitana.

Na pesquisa bibliográfica realizada, não foram encontrados estudos que abordassem o instrumento de enquadramento na perspectiva do usuário de recursos hídricos.

Como revisão bibliográfica complementar, procurou-se resgatar as pesquisas que originaram a motivação do Projeto Bacias Críticas: bases técnicas para a definição de metas progressivas e sua integração com os demais instrumentos de gestão (PORTO et al., 2006).

A dissertação está organizada em 6 capítulos principais. O primeiro capítulo refere-se à apresentação da pesquisa, com introdução, objetivos, resultados esperados e estrutura e organização da dissertação.

O segundo capítulo faz uma abordagem sobre os Aspectos Conceituais para a Gestão de Recursos Hídricos e a Gestão do Saneamento, disponibilidade da água no mundo, no Brasil e na Região Metropolitana, onde está inserida a área de estudo. Apresenta comentários sobre a nova legislação do Saneamento e interface com a gestão dos recursos hídricos. Faz um breve histórico da legislação de recursos hídricos no Brasil e cita os instrumentos, formas de incentivo e a implementação do instrumento de enquadramento no país. A Resolução CONAMA 357/05 é apresentada, bem como o conceito de metas progressivas. Este capítulo traz também um breve resumo sobre os PROJETOS IGUAÇU e ENQUADRAMENTO, estudos esses que motivaram esta pesquisa. Também neste capítulo estão demonstrados os processos de tratamento de esgotos, irregularidades nas redes coletoras de esgoto e custos de tratamento.

O terceiro capítulo faz uma reflexão sobre o papel do usuário na gestão de recursos hídricos, com enfoque no Enquadramento, Outorga e Cobrança.

No quarto capítulo está descrita a metodologia utilizada para a avaliação da qualidade da água e a descrição das bacias hidrográficas da área de estudo. Também são apresentadas as funções de custos para a estimativa de investimentos em medidas de despoluição hídrica.

No quinto capítulo são apresentados os principais resultados obtidos e análise sob a perspectiva do enquadramento. Neste capítulo também estão apresentados os investimentos necessários para a implementação das medidas de despoluição hídrica.

No sexto e último capítulo são apresentadas as conclusões e as considerações deste estudo e recomendações para pesquisas futuras.

2 ASPECTOS CONCEITUAIS PARA A GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS E A GESTÃO DO SANEAMENTO

O saneamento mantém estreita relação com os recursos hídricos, sendo que um dos principais problemas de poluição é o impacto resultante da expansão urbana. Para PORTO (1995), há muito tempo associa-se a urbanização à poluição dos corpos de água devido aos esgotos domésticos, com tratamento parcial ou sem tratamento e despejos industriais.

No Brasil, o setor de saneamento exhibe no geral um quadro de desatenção para com a qualidade dos recursos hídricos, o que tem provocado, sobretudo nas últimas duas décadas, pressões que têm comprometido a qualidade das águas (PNRH, 2006). Tal fenômeno tem ocorrido em especial nas águas superficiais e mais intensamente em locais de grande adensamento populacional e, ou, de reduzida capacidade de assimilação dos cursos de água.

Esse quadro configura-se como um desafio a ser superado, pois a escassez da água assume importância estratégica quando são tratados assuntos relacionados ao crescimento populacional e contaminação dos recursos hídricos.

2.1 DISPONIBILIDADE DE ÁGUA

A água é considerada como o elemento mais importante da natureza e fundamental em todas as formas de vida nos ecossistemas. Além da função vital no metabolismo humano, a água também norteia o desenvolvimento ao longo da história da humanidade.

No início do século XIX, Thomas MALTHUS (2006) preconizou um futuro sombrio para a humanidade, prevendo que o crescimento populacional iria exceder o crescimento da produção agrícola e surgiria um desequilíbrio cada vez maior entre o número de bocas a alimentar e a comida disponível. O cenário era sombrio para Malthus, avaliando que a escassez de alimento iria produzir ciclos de fomes e de alguma forma, a prematura morte da raça humana.

Felizmente esta teoria desastrosa não se concretizou, porém, a crise gerada sobre a escassez dos recursos hídricos atualmente se assemelha à percepção da crise alimentar que se viveu em eras anteriores.

Segundo o Relatório de Desenvolvimento Humano (RDH, 2006), no mundo existe 1,1 bilhão de pessoas sem acesso à água potável e 2,6 bilhões residem em domicílios sem saneamento. Entretanto, a crise não é uma decorrência da escassez, sustenta o relatório:

A escassez física de água, definida como quantidade insuficiente de recursos para satisfazer a procura é uma das características inerentes à questão da segurança da água em alguns países. Mas as situações de penúria absoluta ainda são as exceções, e não a regra. A maioria dos países dispõe de água suficiente para satisfazer as necessidades domésticas, industriais, agrícolas e ambientais. O problema está na gestão.

conclui o relatório.

2.1.1 Disponibilidade de Água no Mundo

O volume de água no planeta é constante, sendo que as reservas totais compreendem cerca de 1.265.000 trilhões de m³ (BOTKIN e KELLER¹ apud ANDREOLI, 2003) distribuídos entre a fase sólida (geleiras), líquida (rios, lagos, oceanos, águas subterrâneas e etc.) e gasosa (atmosfera), conforme Quadro 1. Do total de volume estimado, mais de 99% da água encontra-se em reservatórios indisponíveis para o consumo e, somente uma pequena parcela desse precioso bem pode ser usado para uso humano.

¹ BOTKIN, D.B.; KELLER, E. A. **Environmental science: earth as a living planet**. 3 ed. Estados Unidos: John Wiley & Sons Inc, 2000.

QUADRO 1 - RESERVATÓRIOS E TEMPO DE RENOVAÇÃO DA ÁGUA NO MUNDO

| Compartimento | Volume (km ³) | % | Tempo de Ciclagem Estimado (sem interferência humana) |
|-----------------------------|---------------------------|--------|---|
| Oceanos | 1.230.000.000 | 97,2 | Milhares de anos |
| Geleiras e calotas polares | 27.070.000 | 2,14 | 10.000 anos ou mais |
| Água subterrânea | 7.720.000 | 1 | Séculos a milhares de anos |
| Lagos | 116.000 | 0,01 | Décadas |
| Mares interiores e Pântanos | 97.000 | 0,008 | Anos |
| Água no solo | 63.000 | 0,005 | 280 dias |
| Atmosfera | 12.700 | 0,001 | 9 -10 dias |
| Rios e córregos | 1.200 | 0,0001 | 12 a 20 dias |

FONTE: BOTKIN E KELLER (2000)

A água é um bem renovável através do ciclo hidrológico, entretanto, sua abundância global não caracteriza disponibilidade para sua utilização. A distribuição irregular, associada ao crescimento desordenado e degradação da qualidade da água, tem dificultado o acesso e utilização deste recurso pelo homem.

2.1.2 Disponibilidade de Água no Brasil

O Brasil é um dos países mais beneficiados em termos de disponibilidade de água doce do mundo, dispondo de uma ampla rede fluvial. A produção hídrica brasileira, considerando o volume de escoamento anual médio dos rios em território nacional, está estimada em 168.790 m³/s. Levando - se em conta a vazão produzida pela bacia amazônica fora do território brasileiro, a disponibilidade total alcança 257.790 m³/s, aproximadamente 18% do potencial de superfície do planeta (SETTI, 1998).

Entretanto, a distribuição de água doce no Brasil ocorre de maneira desigual, assim como a distribuição da população. A maior parte está disponível nas Regiões Norte e Centro-Oeste, com 89% das águas superficiais para apenas 14,5% da

população brasileira. Nos 85,5% restantes da população, são distribuídos 11% do potencial hídrico (REBOUÇAS² apud PEGORINI et al., 2005).

Analisando a demanda de água para consumo humano, pode-se observar que a mesma varia de estado para estado (SNIS, 2002). Os estados que apresentam maiores consumos médios per capita de água são Rio de Janeiro, Espírito Santo e Distrito Federal, com 219,00, 194,03 e 193,29 L/hab/dia, respectivamente. Ainda este estudo, o Estado de São Paulo encontra-se na sexta posição com 160,84 L/hab/dia e o Paraná na décima primeira posição com 125,17 L/hab/dia. O Estado com menor consumo per capita é o Amazonas com 51,13 L/hab/dia.

O nível de atendimento urbano com água potável apresenta uma média nacional em torno de 91,7%. Entretanto, o desenvolvimento de políticas públicas que propiciam a universalização dos serviços de acesso à água tratada não tem o mesmo impacto quando se trata de sistema de coleta e tratamento de esgotos (SNIS, 2002).

A poluição dos recursos hídricos, principalmente decorrentes de lançamento de esgotos sanitários sem tratamento ou sistema de coleta deficitário, gera graves prejuízos ao desenvolvimento sócio-econômico, afetando significativamente a qualidade de vida da população.

No Brasil, a coleta e tratamento de esgoto sanitário é considerado precário. Segundo o SNIS (2002), o índice médio nacional de coleta é de apenas 50,4%. Em relação ao tratamento dos esgotos, os resultados são ainda mais preocupantes, a média nacional de todo o conjunto do Diagnóstico 2002 é de apenas 27,3%, valor esse fortemente influenciado pelos resultados dos prestadores de serviços de abrangência regional, em que a média é de 31,6%. Para os de abrangência local a média é de 18,1%. O elevado déficit com os serviços de esgotamento sanitário explica-se, em parte, pela ausência das companhias estaduais de saneamento na grande maioria dos municípios brasileiros no que diz respeito a esses serviços. De fato, enquanto tais companhias atuam com serviços de água em 3.886 municípios (70% do total de municípios brasileiros) em relação aos serviços de esgotos a quantidade cai para apenas 864 (15,5% do total de municípios do país).

² REBOUÇAS, A. da C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escritura, 1999.

Para solucionar a questão do saneamento no Brasil, o montante é considerado elevado. Os recursos estimados em 2000 para regularizar os serviços de água e esgoto, expandindo o atendimento a toda a população urbana brasileira, são da ordem de R\$ 70 bilhões. Persistindo o quadro deficitário de investimentos observados atualmente, em 2010, para correção do cenário serão necessários R\$ 123 bilhões; e, persistindo a dinâmica de expansão atual do setor, em 2020 a dívida acumulada poderá alcançar R\$ 178 bilhões (SNIS, 2002).

2.1.3 Na Região Metropolitana de Curitiba

A Região Metropolitana Curitiba (RMC) é composta por 25 municípios, totalizando uma população da ordem de 2,75 milhões de habitantes, concentrando aproximadamente 25% da população do Estado do Paraná (IBGE, 2000).

A disponibilidade hídrica dessa região é restrita. A bacia do Iguaçu é a principal bacia de manancial de abastecimento. E em função da localização estar muito próxima às cabeceiras da bacia, a disponibilidade de água em boas condições representa um dos principais fatores de limitação ao desenvolvimento da região (ANDREOLI, 2003).

QUADRO 2 - EVOLUÇÃO DA DEMANDA HÍDRICA EM CURITIBA E REGIÃO METROPOLITANA

| Ano | Demanda (L/s) | Aumento da Demanda (L/s) |
|------------|----------------------|---------------------------------|
| 1.996 | 6.395 | |
| 1.997 | 6.690 | 295 |
| 1.998 | 7.000 | 310 |
| 1.999 | 7.326 | 326 |
| 2.000 | 7.667 | 341 |

FONTE: ANDREOLI et al. (2003)

A evolução da demanda de água para abastecimento público de Curitiba e Região Metropolitana tem aumentado nos últimos anos e gira em torno de 300 L/s, anualmente, conforme demonstrado no quadro 2. O aumento da demanda ocorre principalmente em função do crescimento populacional e do crescimento do consumo per capita.

Ao realizar um estudo sobre a disponibilidade hídrica de mananciais superficiais para abastecimento de Curitiba e Região Metropolitana, ANDREOLI et al. (1999) subdividiu a bacia em Altíssimo Iguaçu e Alto Iguaçu; as bacias dos rios Várzea e Açungui aparecem como os próximos mananciais naturais de abastecimento.

A bacia do Altíssimo Iguaçu inclui as áreas de drenagem desde as nascentes até a Captação do Iguaçu em Curitiba e a bacia do Alto Iguaçu as áreas a jusante deste ponto até foz do rio Pianduva no Município de Contenda. Desta forma, os Rios da Várzea e Negro, embora afluentes do Iguaçu são considerados de forma independente.

A disponibilidade hídrica dos mananciais que compõem a bacia do Alto Iguaçu e estimativa de vazão de produção está demonstrada no quadro 3.

Segundo ANDREOLI et al. (1999), vários cenários de disponibilidade hídrica foram estudados e comparados com diferentes projeções de demandas. No cenário de manutenção da disponibilidade hídrica atual, os mananciais disponíveis serão suficientes até o ano 2050 para o crescimento mínimo e até 2040 para o crescimento máximo. Em condições de ausência de programas efetivos de conservação e proteção, os mananciais indicados estariam esgotados entre os anos de 2.030 e 2.035 para o máximo crescimento, e entre 2.035 e 2.040 para as projeções de mínimo crescimento populacional.

**QUADRO 3 - MANANCIAIS DO ALTO IGUAÇU - ÁREA E VAZÃO DE PRODUÇÃO
REGULARIZADA**

| Bacia | Área Total (km²) | Área Barragem (km²) | Vazão de Produção*** Regularizada (L/s) |
|---------------------------------------|--|---|--|
| 1 Rio Iguaçu | | | 19.766 |
| 1.1 Altíssimo Iguaçu | 566,00 | 260,00 | 8.100 |
| a) Rio Iraí (Barragem) | 113,00 | 113,00 | 1.514 |
| b) Rio Iraizinho | 52,60 | - | - |
| c) Rio Piraquara | 101,60 | 85,00 | 1.740 |
| d) Rio do Meio | 27,00 | - | - |
| e) Rio Palmital | 92,00 | - | - |
| f) Rio Itaqui | 39,80 | - | - |
| g) Rio Pequeno | 140,00 | 62,00 | 1.500 |
| h) Bacias incrementais** | - | - | 3.346 |
| 1.2 Alto Iguaçu | 1.277,40 | 672,50 | 11.666 |
| 1.2.1 Margem Esquerda | 747,40 | 527,50 | 9.666 |
| a) Miringuava | 111,90 | 55,00 | 2.000 |
| b) Rios de Campina e Cerro Azul | 94,50 | 94,50 | 1.620 |
| c) Rio Cotia / Despique | 154,70 | 154,70 | 2.360 |
| d) Rio Alto Maurício | 138,00 | 36,00 | 590 |
| e) Rio das Onças (Mandirituba) | 29,00 | 29,00 | 450 |
| f) Rio Faxinal | 95,60 | 63,30 | 1.020 |
| g) Rio das Onças (Contenda) | 79,70 | 51,00 | 1.020 |
| h) Rio Guajuvira | 19,00 | 19,00 | 256 |
| i) Rio Pianduva | 25,00 | 25,00 | 350 |
| 1.2.2 Margem direita | 530,00 | 145,00 | 2.000 |
| a) Rio Passaúna | 145,00 | 145,00 | 2.000 |
| b) Rio Verde * | 257,00 | - | - |
| c) Rio Itaqui * | 128,00 | - | - |
| 2 Bacia Rio da Várzea | 606,00 | - | 12.860 |
| 3 Rio Ribeira | 2.363,00 | 1.363,00 | 33.730 |
| a) Rio Açungui | 1.263,00 | 1.263,00 | 16.630 |
| b) Rio Capivari | 1.118,00 | 1.118,00 | 17.100 |
| 4 Bacia do Cubatão/Rio Arraial | 286,00 | 286,00 | 6.300 |
| 5 Rio Negro | - | - | - |
| 6 Aquífero Karst | - | - | 600 |

FONTE: ANDREOLI et al. (2003)

NOTA: * Afluentes do Iguaçu a jusante do limite estabelecido para a bacia Alto Iguaçu; são hoje mananciais de abastecimento de Campo Largo e da Petrobrás.

** Para as bacias onde não estão previstas as construções de barragens, foi considerada a vazão mínima Q(10,7).

*** Todas as vazões mínimas consideradas garantem uma vazão de jusante de 50% do Q(10,7) definida pelo decreto estadual 974 de 09/12/91.

2.2 O SANEAMENTO NO CONTEXTO DA GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

A Lei do Saneamento, nº 11.445, publicada no Diário Oficial do dia 08 de janeiro de 2007, estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e define

as regras para o aumento de investimentos privados e públicos no setor. Os focos principais são planejamento, regulação e fiscalização, controle e participação social.

Resultado de uma ampla negociação entre as diversas entidades do setor, deputados e senadores, a Lei aprovada põe fim a uma lacuna na área do saneamento em relação às ações de regulação do setor, ainda inexistente no país, e espera-se uma evolução nos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, cobertura precária na maioria das cidades brasileiras.

Segundo o Ministério das Cidades (2007), agora começa a fase da regulamentação da Lei, com a elaboração do Plano Nacional de Saneamento Ambiental, a instituição dos mecanismos de controle social nos estados e municípios (agências reguladoras e conselhos regionais), saneamento das empresas e capacitação para o desenvolvimento de projetos visando a universalização dos serviços de saneamento nos próximos 20 anos. Para isso, seriam necessários recursos da ordem de R\$ 10 bilhões por ano, ou seja, R\$ 200 bilhões durante 20 anos.

A Lei do Saneamento permite que o Fundo de Garantia por Tempo de Serviço (FGTS) faça investimento direto ou por meio de seus agentes financeiros, em Fundos de Investimento e Participações, na aquisição de cotas de Fundos de Direitos Creditórios e em outros fundos criados para investimento em saneamento e infra-estrutura, assim como na aquisição de ações representativas do capital social e em debêntures de empresas de saneamento e infra-estrutura.

A Lei estabelece ainda que as concessões de serviços de saneamento básico só poderão ser feitas por meio de contrato, sendo vedado os convênios, termos de parceria ou outros instrumentos de natureza precária. Define também que o titular do serviço (Estado ou município) terá que formular uma política de saneamento, definir o ente responsável pela regulação e fiscalização dos serviços, fixar os deveres e os direitos dos usuários, entre outras atribuições. Entretanto, a Lei aprovada não resolve a questão da titularidade dos serviços em regiões de interesse comum, como as metrópoles, ficando o assunto para decisão do Supremo Tribunal Federal.

Caberá às agências reguladoras definir aos aspectos econômicos, sociais, ambientais e de saúde pública. É assegurado aos usuários amplo acesso a informações sobre os serviços de saneamento básico prestados e a ter prévio

conhecimento dos seus direitos e deveres e das penalidades a que pode estar sujeito.

Alguns pontos que merecem destaque na nova Lei do Saneamento Básico e que interferem nos aspectos da gestão dos recursos hídricos, no enfoque desta pesquisa, são:

- conceito amplo de saneamento básico que inclui: abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo de águas pluviais urbanas;
- apresentação de conceitos de regulação, planejamento e avaliação dos serviços de forma articulada;
- a inserção de órgãos colegiados no controle social e a previsão de mecanismos de participação;
- a referência de instrumento de outorga de direito de uso para a utilização dos recursos hídricos na prestação de serviços de saneamento básico nos termos da Lei 9.433/97, seus regulamentos e legislações estaduais;
- elaboração de Planos de Saneamento Básico compatível com os Planos de bacias Hidrográficas;
- disponibilizar Sistema de Informações sobre os serviços de saneamento básico, articulado com o Sistema Nacional de Informações em Saneamento;
- previsão no Contrato (de Concessões ou de Programa), de metas progressivas e graduais visando a expansão dos serviços prestados e de usos racional da água, energia e outros recursos naturais;
- licenciamento ambiental das unidades de tratamento de esgotos sanitários e de efluentes gerados nos processos de tratamento de água definirá metas graduais e progressivas, considerando etapas de eficiência do processo, a fim de atender aos padrões estabelecidos pela legislação ambiental, em função da capacidade de pagamento dos usuários.

Do ponto de vista da gestão dos recursos hídricos, existe uma interface entre os diversos instrumentos legais e institucionais relacionados ao saneamento básico: a Lei do Saneamento e a Lei de Recursos Hídricos. Existem ainda temas

comuns que são tratados pelas instituições de governo e a legislação de uma área influencia a outra e vice e versa.

Temas como a outorga para uso e lançamento de efluentes, licenciamento ambiental, monitoramento, sistemas de informações, participação e controle social, proteção de mananciais e planos de bacias, entre outros, guardam estreita relação e se situam na interface das duas áreas.

No âmbito do governo federal, foi criado o Conselho das Cidades, de caráter deliberativo e consultivo, que tem por finalidade propor diretrizes para a formulação e implementação da Política Nacional de Desenvolvimento Urbano (BRASÍLIA, Caderno Setorial, 2006), cujas ações previstas influem nas políticas de saneamento.

Mediante esse cenário, é possível constatar a necessidade de atuação integrada entre as diversas áreas ligadas aos recursos hídricos e saneamento básico, inclusive uniformizando conceitos contraditórios e equivocados. Caso isso não ocorra, é possível prever um risco de entrave das ações e dos procedimentos entre as instituições envolvidas.

2.3 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL BRASILEIRA E A GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

2.3.1 Breve Histórico

A história da gestão da água no Brasil é considerada recente, mesmo levando-se em consideração alguns ensaios datados de 1891, com a primeira Constituição Republicana que fazia menção indireta aos usos de recursos hídricos através da navegação relacionada ao comércio internacional.

Após várias décadas de discussão sobre o assunto, foi sancionado, em 1934, o Decreto Federal nº 24.643, que ficou conhecido como o Código das Águas, mundialmente respeitado e considerado até hoje como uma das mais completas normas legais sobre as águas já descritas (PNRH, 2006).

Segundo este Código, a água foi dividida em: águas públicas, águas comuns e águas particulares. Era assegurado o uso gratuito de qualquer corrente ou nascente de água para as primeiras necessidades da vida, permitindo, a todo o uso

de quaisquer águas públicas, conformando-se com os regulamentos administrativos. Não era permitida a derivação das águas públicas para aplicação na agricultura, indústria e higiene, sem a existência de concessão no caso de utilidade pública, e de autorização nos outros casos, sendo que, em qualquer hipótese, dava-se preferência à derivação para abastecimento das populações.

O que se constatou após a instituição do Código das Águas foi considerado como período de modelo burocrático de gestão de recursos hídricos, concentrando os poderes de concessão, autorizações e licenciamentos, fiscalização, multas e interdições nas instituições públicas (CETEC, 1996).

Destaca-se que, por iniciativa do Governo Federal, em 1976 foi realizado um acordo entre o Ministério das Minas e Energia e o Governo do Estado de São Paulo, com o objetivo básico de melhorar as condições sanitárias dos rios Tietê e Cubatão, por intermédio da adequação, planejamento e execução de obras hidráulicas na Grande São Paulo e na Baixada Santista. A execução do acordo ficou sob a responsabilidade de dois Comitês (Especial e Executivo), integrados pelos principais órgãos federais, estaduais e municipais envolvidos.

Os resultados positivos advindos desse acordo contribuíram para confirmar a necessidade de integração das ações no campo dos recursos hídricos, e impulsionaram a criação, no âmbito nacional, do Comitê Especial de Estudos Integrados de Bacias Hidrográficas (CEEIBH). Este Comitê tinha a finalidade de promover a utilização racional dos recursos hídricos das bacias hidrográficas dos rios federais, por meio da integração dos planos e estudos setoriais em desenvolvimento pelas diversas instituições (COIMBRA, et al., 1999). Nessa época que foram editadas as portarias interministeriais que recomendaram a classificação e o enquadramento dos corpos de água brasileiros.

Com a promulgação da Constituição Federal, em 1988, vários aspectos do Código das Águas foram alterados, cabendo registrar que a Constituição Brasileira vigente determinou ser de competência da União instituir o SINGREH, Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, bem como definir critérios de outorga de direito de uso dos recursos hídricos (inciso XIX, artigo 21, da CF/1988). O texto constitucional aboliu a figura da propriedade privada da água, que era prevista no Código de Águas, dividindo o domínio das águas entre a União e os estados, ou seja, de domínio público.

O final da década de 80 foi marcado por importantes avanços nas questões ambientais. Surge nesse período o conceito de Desenvolvimento Sustentável e em 1992, a Conferência de Dublin apontou sérios problemas relacionados à disponibilidade de água, sendo estabelecidos quatro princípios para a gestão sustentável da água: (I) a água doce é um recurso finito e vulnerável, essencial para a manutenção da vida, para o desenvolvimento e para o meio ambiente; (II) o seu gerenciamento deve ser baseado na participação dos usuários, planejadores e formuladores de políticas, em todos os níveis; (III) as mulheres desempenham um papel essencial na provisão, no gerenciamento e na proteção da água; e (IV) o recebimento do valor econômico da água (PNRH, 2006). Esses princípios foram referendados na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, a Eco 92, e serviram para alavancar inúmeras iniciativas ambientais no Brasil, como por exemplo, estruturação do SISNAMA, criação da Lei de Crimes Ambientais, entre outras. Em 1991 inicia-se a tramitação do projeto de lei federal instituindo a Política Nacional de Recursos Hídricos. Este projeto tramitou por mais de cinco anos no Congresso Nacional e foi motivo de muitos debates, seminários e audiências públicas, tendo sido aprovado em 1997 sob o nº 9433.

2.3.2 Política Nacional de Recursos Hídricos

Em 08 de Janeiro de 1997 foi sancionada a Política Nacional de Recursos Hídricos, através da Lei nº 9.433. Esta Política demonstra a importância da água e reforça seu reconhecimento como elemento indispensável a todos os ecossistemas terrestres, bem como dotado de valor econômico, além de estabelecer que sua gestão deva ser estruturada de forma integrada, com necessidade da efetiva participação social (PNRH, 2006).

A Lei nº 9.433 criou o Conselho Nacional de Recursos Hídricos, cuja presidência é ocupada pelo titular do Ministério do Meio Ambiente, e cuja Secretaria Executiva é a Secretaria de Recursos Hídricos.

Em 17 de julho de 2000, foi instituída a Lei nº 9.984, que dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas (ANA), com a finalidade da implementação

da Política Nacional de Recursos Hídricos. Esta Política constitui-se no mais moderno modelo de gerenciamento já adotado no Brasil e incorporam princípios e instrumentos considerados inovadores para o país. Ela é clara e objetiva na definição de diretrizes gerais de ação (Capítulo III, artigo 3º, incisos I a VI), as quais se referem à indispensável integração da gestão das águas com a gestão ambiental.

Outro avanço importante está configurado nos fundamentos a que se referem os incisos V e VI do seu artigo 1º: a bacia hidrográfica como unidade territorial para implementação da Política de Recursos Hídricos, bem como a determinação legal de que a sua gestão deve ser forma descentralizada e contar com a participação de todos – Poder Público, Setores Usuários e Sociedade Civil.

2.3.3 Instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos

São instrumentos legais da Política Nacional de Recursos Hídricos, segundo a Lei no 9.433/1997, necessários para a implementação das ações: os Planos de Recursos Hídricos; o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os seus usos preponderantes; a outorga de direito de uso e a cobrança pelo uso de recursos hídricos; o sistema de informação, bem como a compensação a municípios, cujas disposições no texto da Lei foram vetadas.

Os planos de recursos hídricos visam fundamentar e orientar a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos. Devem buscar uma visão de longo prazo, compatibilizando aspectos quantitativos e qualitativos da água. O Plano Nacional de Recursos Hídricos, elaborado pela Secretaria de Recursos Hídricos foi aprovado em 2006 e possui três objetivos estratégicos: a melhoria da disponibilidade hídrica, superficial e subterrânea, em qualidade e quantidade; a redução dos conflitos reais e potenciais de uso da água, bem como dos eventos hidrológicos críticos; e a percepção da conservação da água como valor socioambiental relevante.

Os planos de recursos hídricos de bacias hidrográficas serão elaborados pelas Agências de Água e submetidos à apreciação e aprovação de seus respectivos Comitês de Bacias.

O enquadramento dos corpos de água se caracteriza como um instrumento de planejamento, que visa indicar as metas de qualidade das águas a serem alcançadas em uma bacia hidrográfica, em determinado período. Trata da definição da compatibilidade da qualidade da água e seus usos, buscando a minimização dos impactos.

A atual Resolução CONAMA 357/2005 (em substituição à Resolução CONAMA 20/86) define as classes em que os rios podem ser enquadrados e respectivos parâmetros de qualidade da água. Os procedimentos para o enquadramento dos corpos de água são definidos pela Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH nº 12/2000 e de acordo com a Lei 9.433/97, o enquadramento deve ser estabelecido pelo CNRH ou Conselhos Estaduais, mediante proposta apresentada pela Agência de Bacia Hidrográfica ao respectivo Comitê de Bacia Hidrográfica (artigo 44, XI, a).

O enquadramento representa um elemento de articulação e integração da gestão ambiental com a gestão dos recursos hídricos, o que encontra respaldo no artigo 10 da Lei nº 9.433/97, a saber: “as classes de corpos de água serão estabelecidas pela legislação ambiental”. Portanto, a sua implementação passará a exigir a articulação das instituições de gerenciamento e dos colegiados dos dois sistemas, o SINGREH e o Sisnama.

A outorga de direito de uso de recursos hídricos é o instrumento que assegura a disponibilidade de água respeitando os critérios qualitativos para os diversos usos. Configura-se como ato administrativo pelo qual a autoridade outorgante concede ao outorgado o direito de uso do recurso hídrico, por prazo determinado, de acordo com os termos e condições expressas no ato. Segundo KELMAN³ (apud MACHADO, 2001) a outorga visa dar garantia ao usuário outorgado quanto à disponibilidade de água, como insumo básico de processo produtivo. Salienta também que a outorga tem valor econômico para quem a recebe, na medida em que oferece garantia de acesso a um bem limitado.

A cobrança pelo uso da água visa incentivar o uso racional e reconhecer a água como um recurso natural dotado de valor econômico. Não é considerado como um instrumento inovador, pois a cobrança pelo uso de recursos hídricos já estava

³ KELMAN, J. Outorga e cobrança de recursos hídricos. In: THAMES, Antônio Carlos Mendes, et al. **Cobrança pelo uso da água**. São Paulo. ISBN 85-87854-02-X, 2000.

prevista no Código das Águas de 1934, em seu artigo 3º, parágrafo 2º – “o uso comum das águas pode ser gratuito ou retribuído, conforme as leis e regulamentos da circunscrição administrativa a que pertencem” (PNRH, 2006).

Entretanto, percebe-se a preocupação de definir-lhe o caráter e a que se destina: a cobrança pelo uso de recursos hídricos tem como objetivo reconhecer a água como bem econômico e dar ao usuário uma indicação de seu real valor.

Os recursos financeiros advindos da cobrança destinam-se aos financiamentos dos programas e ações contemplados nos Planos de Recursos Hídricos. Deverão ser aplicados prioritariamente na bacia hidrográfica em que forem gerados (artigo 22, caput, da Lei nº 9.433/1997).

O sistema de informações sobre recursos hídricos tem como objetivo principal produzir, sistematizar e disponibilizar dados e informações que caracterizam as condições hídricas da bacia em termos de quantidade e qualidade da água para os diversos usos, e em termos das condições do ecossistema, traduzido pelas pressões antrópicas nela existentes. As Agências de Água vão gerenciar o sistema de informações no âmbito da bacia hidrográfica, à Agência Nacional das Águas - ANA caberá a gestão na esfera nacional e aos órgãos outorgantes estaduais a gestão do sistema de informações no nível estadual.

2.3.4 Formas de Incentivo para a Implementação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos - SINGREH

Para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, bem como à execução das ações indispensáveis ao uso racional e de conservação dos recursos hídricos, há necessidade do aperfeiçoamento da capacidade técnica específica dos gestores de recursos hídricos e de maior desenvolvimento tecnológico e científico aplicados aos instrumentos de gestão. Neste sentido, em 2000, o Ministério de Ciência e Tecnologia criou o Fundo Setorial de Recursos Hídricos (CT-HIDRO), Lei nº 9.993/00, com recursos financeiros assegurados pela compensação do setor elétrico pelas áreas inundadas dos reservatórios. No ano de 2005 os recursos utilizados no CT-HIDRO foram da ordem de R\$ 40 milhões (PNRH,

2006). Após um trabalho de consulta ao meio científico e a representantes de usuários dos recursos hídricos, em 2002, foram estabelecidas as Diretrizes Estratégicas para esse Fundo (www.mct.gov.br/Fontes/Fundos). As áreas prioritárias definidas nesse documento para a destinação de recursos são: Pesquisa e Desenvolvimento, Estudo de Base e Produtos e Processo. No período de 2001 a 2004, foram aplicados aproximadamente R\$ 25 milhões em mais de 830 projetos. Este é um aporte importantíssimo para o desenvolvimento do conhecimento técnico para a implementação do gerenciamento das águas. Segundo aponta o Caderno Regional do PNRH (2006) e identificado pela Câmara Técnica de Ciência e Tecnologia do CT-HIDRO, existe uma grande necessidade de formação de profissionais com capacidade específica para o gerenciamento de recursos hídricos.

Nesse enfoque e beneficiados com recursos do CT-HIDRO, a Universidade Federal do Paraná e a Universidade de São Paulo estabeleceram uma parceria visando o desenvolvimento do Projeto Enquadramento, com o título Bacias Críticas: bases técnicas para a definição de metas progressivas para seu enquadramento e a integração com os demais instrumentos de gestão, cuja concepção de trabalho foi desenvolvida esta pesquisa. Os principais resultados do Projeto Enquadramento estão descritos no item 2.5.2.1.

2.4 IMPLEMENTAÇÃO DO INSTRUMENTO DE ENQUADRAMENTO NO BRASIL

O enquadramento dos corpos de água em classes de uso vem sendo implementado no Brasil desde a década de 80, através da Resolução CONAMA 20. Entretanto, segundo o Plano Nacional de Recursos Hídricos (2006), somente onze (11) estados brasileiros possuem instrumentos normativos enquadrando os corpos de água conforme estudos realizados pela ANA (MMA, 2005).

Pelos dados apresentados no quadro 4, é possível constatar que o instrumento de enquadramento ainda é pouco efetivado nos estados brasileiros. É importante ressaltar que nos estados de Santa Catarina, São Paulo, Rio de Janeiro e Alagoas os rios foram enquadrados segundo a Portaria MINTER 13/76, anterior a Resolução CONAMA 20/86. Entretanto, esses enquadramentos necessitam ser atualizados à luz da nova Resolução CONAMA 357/2005. Os rios de domínio federal

como Paranapanema, Paraíba do Sul e São Francisco também foram enquadrados conforme legislação anterior à Resolução CONAMA 357/2005, necessitando de atualização (MMA, 2005).

QUADRO 4 - SITUAÇÃO ATUAL DO ENQUADRAMENTO DOS CORPOS DE ÁGUA

| ESTADOS | RIOS ENQUADRADOS | INSTRUMENTO LEGAL |
|---------|---|--|
| AL | Os rios principais estão enquadrados. | Decreto nº 3.766 de 30 de outubro de 1976. O Decreto nº 6.200, de 1 de março de 1985, adota os padrões de lançamento conforme definidos na Resolução CONAMA 20/86. No Estado não houve ainda um processo de reenquadramento. |
| BA | Rios: Joanes (e a sub-bacia do rio Ipitanga), Subaé, Jacuípe, Todos os Santos e - em 1998 - do rio do Leste (rios Cachoeira, Almada e Uma). | Em 1995, nos moldes da Resolução CONAMA 20/86, por meio de Resoluções do Conselho Estadual de Meio Ambiente – CEPRAM. |
| MS | Rios Apa, Correntes, Miranda, Taquari, Negro, Nabileque (todos na Bacia do Rio Paraguai) e o córrego Imbiruçu (Bacia do Rio Paraná). | A Lei nº 997/76 foi utilizada para o embasamento da Deliberação CECA nº 003/97 do Conselho Estadual de Controle Ambiental. |
| MG | Rios Piracicaba, Paraopeba, Paraibuna, Velhas, Pará, Verde e Gortuba. | Deliberação Normativa do Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM nº 010/86. |
| PB | Rios Piranhas, Paraíba, Curimataú Mamambaque, Litoral e Zona da Mata, Jacu e Trairi. | O enquadramento das águas superficiais do Estado da Paraíba foi realizado pelo Conselho de Proteção Ambiental – COPAM, em 1988, através das diretrizes: DZS 204, 205, 206, 207, 208, 209 e 210. |
| PR | Todas as bacias. | Entre 1989 e 1992, foram enquadradas todas as bacias do Estado segundo resolução CONAMA 020/86 por dezesseis portarias SURHEMA. |
| PE | Todas as bacias. (atualmente revogado) | Decretos Estaduais nº 11.358, de 29/04/86, nº 11.515, de 12/06/86 e nº 11.760, de 27/08/86. No entanto, estes decretos encontram-se revogados. |

continua

conclusão

| ESTADOS | RIOS ENQUADRADOS | INSTRUMENTO LEGAL |
|---------|---|---|
| RJ | Principais corpos de água do estado. | Enquadramento foi feito pela FEEMA na década de 70, anteriormente às normas estabelecidas na resolução CONAMA 20/86. |
| RS | A parte sul da Lagoa dos Patos e o rio de Gravataí foram os únicos enquadrados efetiva-mente, sendo o primeiro pelo processo “clássico” e o segundo já no âmbito do comitê. | Na década de 80, foram enquadrados todos os rios estaduais por meio de portaria. A FEPAM iniciou em 1994, atividades voltadas ao reenquadramento desenvolvendo um estudo que fundamentou a elaboração de propostas de enquadramento dos recursos hídricos da parte sul da Lagoa dos Patos (FEPAM, 1994). |
| RS | A parte sul da Lagoa dos Patos e o rio de Gravataí foram os únicos enquadrados efetiva-mente, sendo o primeiro pelo processo “clássico” e o segundo já no âmbito do comitê. | Na década de 80, foram enquadrados todos os rios estaduais por meio de portaria. A FEPAM iniciou em 1994, atividades voltadas ao reenquadramento desenvolvendo um estudo que fundamentou a elaboração de propostas de enquadramento dos recursos hídricos da parte sul da Lagoa dos Patos (FEPAM, 1994). |
| SC | Todos os cursos de água do estado. | Portaria nº 0024/79 na classificação estabelecida pela Portaria GM nº 0013/76 do Ministério de Estado do Interior. |
| SP | Todos os rios do domínio estadual foram enquadrados. | Decreto Estadual nº 10.775/76, de 22/11/77, estabelece o enquadramento dos corpos de água receptores na classificação prevista no Decreto nº 8.468, de 08/09/76. O Decreto foi objeto de alterações. Decretos nº 24.839, de 06 de março de 1986, e nº 39.173, de 08 de setembro de 1994, que reenquadraram alguns corpos de água. |

FONTE: SITUAÇÃO DO ENQUADRAMENTO NO BRASIL ADAPTADO DO CADERNO ANA (2005)

AL- Alagoas, BA- Bahia, MS - Mato Grosso do Sul, MG - Minas Gerais, PB – Paraíba, PR – Paraná, PE – Pernambuco, RJ – Rio de Janeiro, RS – Rio Grande do Sul, SC – Santa Catarina, SP – São Paulo.

Na pesquisa realizada foi possível constatar que nenhum Estado Brasileiro implementou o instrumento de enquadramento levando em consideração a integração da gestão ambiental e gestão de recursos hídricos, fortemente preconizados pela Política Nacional de Recursos Hídricos.

Os processos de enquadramento de corpos de água em alguns estados são considerados precários, tendo em vista que se encontram na fase inicial ou ainda não contou com a participação de Comitês de Bacias. Segundo estudos realizados pela Secretaria de Recursos Hídricos (MMA, 1999), foram identificadas algumas medidas que podem contribuir para a efetivação desse instrumento, a saber:

- Revisão da Resolução CONAMA 20/1986 (essa revisão ocorreu em 2005, culminando na publicação da Resolução CONAMA 357/2005);
- Criação de mecanismos de apoio técnico e financiamento às atividades;

- Formação de comitês de bacia hidrográfica;
- Criação das Agências de Água;
- Ampliação da rede de monitoramento de qualidade da água.

Das medidas sugeridas anteriormente, algumas foram implementadas em certos Estados, como a formação dos Comitês de Bacia e a instalação das Agências de Água. Em se tratando de informações relativas à qualidade e quantidade de água, as mesmas são consideradas insuficientes, pois as redes de monitoramento existentes são inadequadas no que tange aos procedimentos de coleta e realização de análises, e muitas vezes apresentam dados poucos confiáveis ou não estão sistematizados.

A revisão da Resolução CONAMA 20/1986 ocorrida em 2005, resultou na Resolução CONAMA 357/2005. Esta é considerada um avanço na área de gestão de recursos hídricos, principalmente pela questão do enquadramento e a compatibilização entre os demais instrumentos de gestão preconizados pela Lei 9.433. Entretanto, apesar do progresso ocorrido com essa revisão, que estabeleceu metas progressivas para a recuperação da qualidade da água, a nova Resolução apresenta desafios quando estabelece mecanismos de controle ambiental associados ao planejamento através de metas progressivas visando o enquadramento do corpo hídrico.

2.4.1 A Resolução CONAMA 357/2005, Enquadramentos dos Corpos de Água e a Gestão dos Recursos Hídricos

A Resolução CONAMA 357/2005, em seu capítulo V, apresenta alguns itens importantes no contexto da gestão dos recursos hídricos:

- as ações de gestão da bacia, referentes ao uso dos recursos hídricos como a outorga e cobrança pelo uso da água, ou referentes ao controle da poluição, como licenciamento, termos de ajuste de conduta e controle da poluição, deverão estar baseadas nas metas progressivas aprovadas pela autoridade competente para a respectiva bacia hidrográfica;

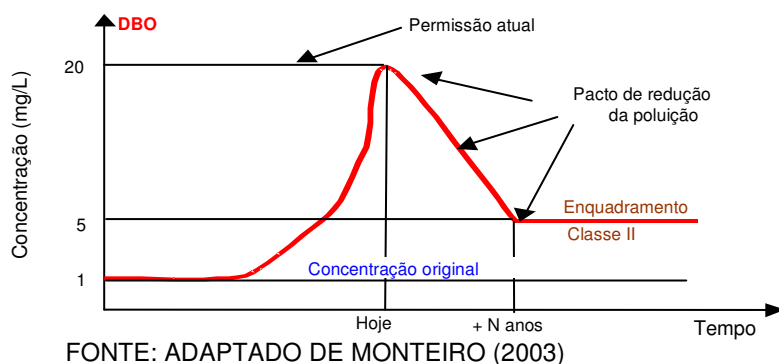
- as metas de qualidade da água deverão ser atingidas em regime de vazão de referência;
- deverão ser adotados os procedimentos definidos pela Resolução nº 12 do CNRH;
- o enquadramento do corpo hídrico será definido pelos usos mais restritivos da água, atuais ou pretendidos;
- nas bacias hidrográficas em que a qualidade dos corpos de água esteja em desacordo com os usos pretendidos, deverão ser estabelecidas metas progressivas de melhoria da qualidade da água para efetivação dos respectivos enquadramentos, excetuados os parâmetros que excedam aos limites devido às condições naturais.

Para PORTO (2002), o enquadramento de corpos de água segundo classes de usos preponderantes é um instrumento de planejamento e, como tal, tem as seguintes características:

- representa a visão global da bacia; para se tomar a decisão de quais serão os usos prioritários em cada trecho de rio ou lago da bacia hidrográfica, é necessário olhar o todo, numa visão de macro-escala;
- representa a visão futura da bacia e, portanto, são objetivos de qualidade a serem alcançados no médio e longo prazo e servirá para definir a estratégia a ser utilizada e as metas de qualidade da água a serem perseguidas;
- faz parte do plano de bacia, como garantia de integração entre os aspectos quantitativos do uso da água e os qualitativos que serão atingidos pelas metas resultantes da definição dos objetivos de qualidade da água.

Neste sentido, a Figura 1 demonstra o acordo que o Comitê de Bacia Hidrográfica deverá realizar entre todos os usuários da bacia visando o estabelecimento das metas progressivas para a recuperação da qualidade da água.

FIGURA 1 - PACTO DE COMITÊ PARA REDUÇÃO DE POLUIÇÃO



O enquadramento dos corpos de água é estabelecido pelo Comitê de Bacia Hidrográfica e é produto de um processo participativo (PNRH, 2006). Deve expressar a expectativa da comunidade sobre a qualidade da água e, além disso, define o nível de investimento que será necessário ser executado para que o objetivo de qualidade da água possa ser cumprido. É importante que a comunidade esteja ciente de que quanto maior as metas de qualidade maiores são os investimentos financeiros requeridos para a implantação do plano.

Um dos avanços mais significativos da Resolução CONAMA 357/05 é o conceito de que o enquadramento expressa metas finais a serem alcançadas, podendo ser fixadas metas progressivas intermediárias visando a sua efetivação. Entretanto, o instrumento de enquadramento na concepção da nova Resolução, ainda é pouco implementado no Brasil, apesar de existir desde 1976. Podem ser apontadas várias justificativas para esta situação, desde o desconhecimento sobre este instrumento, as dificuldades metodológicas para sua aplicação e a prioridade de aplicação de outros instrumentos de gestão, em detrimento dos instrumentos de planejamento (PNRH, 2006).

Segundo Panorama de Enquadramento dos Corpos de Água (MMA, 2005), fica evidente, pelos diagnósticos realizados, o baixo nível de implementação desse instrumento, tanto nos corpos de água de domínio federal como nos estaduais. Mesmo entre as bacias enquadradas, muitas necessitam de atualização.

Para ampliação e efetivação dos enquadramentos, um conjunto de ações deve ser realizado, principalmente com relação à capacitação técnica e aperfeiçoamento das legislações. Neste contexto, destaca-se a metas relativas ao

enquadramento estabelecidas pela 1ª Conferência Nacional de Meio Ambiente (2003):

- Fomentar as iniciativas de classificação e de enquadramento dos corpos de água a partir do estabelecimento de metas de qualidade de água, visando à recuperação e à proteção dos mananciais no âmbito dos comitês de bacias hidrográficas, cujos resultados serão periodicamente acompanhados e avaliados por meio de monitoramento.
- Levantar a situação atual dos cursos de água principais e de seus afluentes e elaborar propostas de enquadramento de todos os cursos de água até 2008, levando em consideração as peculiaridades dos rios intermitentes.

Para alcançar a meta de enquadrar todos os cursos de água do país até 2008, um programa bastante amplo deverá ser implementado no Brasil, indica o documento.

2.5 PROJETOS PARA O ENQUADRAMENTO DE CORPOS DE ÁGUA NA BACIA DO ALTO IGUAÇU

Os estudos para o enquadramento de corpos de água, principalmente quando se trata de metas progressivas, são complexos e muitas vezes a metodologia estudada se baseia em fundamentos bastante teóricos, não levando em consideração aspecto básico de sustentabilidade econômica e ambiental.

Neste contexto de compatibilizar os aspectos conceituais sobre enquadramento, definição de metodologia para avaliação da qualidade da água e destacar a importância de se estabelecer um planejamento para atendimento às metas de qualidade de água, dois estudos identificados assumem papel fundamental na gestão dos recursos hídricos no Estado do Paraná: o Projeto Iguaçu e o Projeto Enquadramento.

2.5.1 Projeto Iguaçu

Uma importante experiência realizada na bacia do Alto Iguaçu com o objetivo de propor elementos e bases adequadas para promover a discussão sobre o plano de bacia, metas de qualidade de água e subsidiar a tomada de decisão do

Comitê do Alto Iguaçu e técnicos de órgãos gestores de recursos hídricos foi o projeto denominado Projeto Iguaçu. Este projeto foi considerado pioneiro do Departamento de Hidráulica e Saneamento e do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental da Universidade Federal do Paraná, desenvolvido no período de 02/2002 a 02/2005. Além do departamento envolvido, estavam previstas participações de duas entidades: SUDERHSA e a Associação de Usuários das Bacias Hidrográficas Alto Iguaçu e Ribeira (AUBHIR). Entretanto, não houve a participação da Associação, tendo em vista a anulação do contrato de gestão ocorrida em 2003 (FERNANDES et al., 2005).

Foram obtidos resultados através das metas-físicas que serviram de base para os instrumentos e estudos que foram desenvolvidos após este projeto. Além disso, o Projeto Iguaçu contribuiu significativamente para uma visão sistêmica da gestão da qualidade da água na bacia do Alto Iguaçu e seus afluentes, configurado como um desafio para a gestão de recursos hídricos, aos técnicos e órgãos gestores competentes que possuíam informações deslocadas e parciais das condições ambientais da bacia em estudo.

O projeto foi composto de 5 (cinco) metas-físicas para atender aos objetivos, a saber:

1. Diagnóstico e Prognóstico da poluição hídrica na bacia do Alto Iguaçu, com o objetivo de retratar a realidade da poluição hídrica na área em estudo;
2. Análise de viabilidade das metas atuais de despoluição, com intuito de entender o potencial das metas propostas de despoluição;
3. Revisão de metas de despoluição hídrica, com o objetivo de tentar rever potenciais soluções eventualmente não consideradas;
4. Propostas de medidas viáveis de despoluição hídrica, para complementar as alternativas em destaque;
5. Proposição de um sistema de decisão de investimentos em despoluição, para entender a lógica do problema de otimização que se precise resolver.

Descreve-se a seguir um resumo das principais ações, resultados e recomendações do Projeto Iguaçu, propiciando entendimento e visão global do projeto:

- A meta-física MF -1 Diagnóstico e prognóstico da despoluição hídrica contemplaram vários estudos e como resultado principal desta meta foi a construção da matriz de fontes de poluição hídrica, onde foram definidas as principais informações para a adequada caracterização de fontes de poluição em termos de matéria orgânica. A matriz apresenta dados detalhados da bacia do Alto Iguaçu referente às características hidráulicas, como área de drenagem, extensão do rio, coeficiente de rugosidade; dados hidrológicos (vazões do rio); e de populações, como população total situada na bacia, população com e sem rede coletora de esgoto e a população com esgoto tratado. A matriz também contempla as informações relativas aos principais usuários dos recursos hídricos em termos de captação de água (como: Sanepar e indústrias) e lançamento de esgotos (como ETEs e RALFs da Sanepar e indústrias). Ainda na matriz foram identificadas as fontes difusas do uso do solo, caracterizando área urbana e área agrícola, floresta e pastagem. Nesta matriz têm-se o cálculo das cargas de DBO e concentrações de DBO que compõem os dados de entrada no modelo de qualidade da água – QUAL2E.
- Outro destaque obtido neste estudo foi evidenciar a importância da consolidação da matriz de fontes de poluição e calibração do modelo, pois os resultados do modelo matemático advindo de uma calibração não apropriada podem induzir as tomadas de decisões erradas pelo órgão gestor ou a equipe técnica envolvida com recursos hídricos. Este assunto foi motivo de estudos mais aprofundados de BÄUMLE (2005), dissertação de mestrado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental.
- A MF 2 - Análise de Viabilidade das Metas Atuais de Despoluição Hídrica – Portaria nº 20/92 (Discussão do Enquadramento) teve como objetivo principal identificar e relacionar as inúmeras medidas de despoluição hídrica (estruturais e não estruturais), inclusive as constantes no Plano de Despoluição Hídrica da Bacia do Alto Iguaçu realizado pela SUDERHSA em 2000, e relacionar cada medida de despoluição hídrica com seus custos unitários de implantação, operação e manutenção. As

medidas não-estruturais são medidas preventivas e que objetivam a recuperação, proteção e conservação de recursos hídricos através de ações de gestão. E as medidas estruturais são aquelas relativas à implantação de serviços e obras. Foram levantados os custos unitários para a implantação de obras, como custos de extensão de rede implantada e custos de Estações de Tratamento de Esgotos. Entretanto, a maior dificuldade foi a obtenção de custos unitários de algumas medidas de despoluição não estrutural, especialmente quando se trata de medidas de gestão. A construção da função custo através da remoção de cargas de DBO para cada medida estudada foi objeto dessa pesquisa.

- Outra grande contribuição do projeto foi a utilização de um modelo de avaliação de benefícios econômicos em despoluição hídrica, com estabelecimento de pesos relativos aos usos dos recursos hídricos da bacia do Alto Iguaçu e dos parâmetros de qualidade da água analisados (DBO e OD). Os benefícios econômicos relativos às intervenções em despoluição hídrica podem ser quantificados através de um parâmetro de decisão, denominado de parâmetro Z, que tem por objetivo identificar o cenário de medidas de despoluição hídrica mais adequada à bacia, bem como estabelecer um planejamento de metas em função dos recursos financeiros disponíveis. Este parâmetro foi objeto da pesquisa de MARIN (2001).
- Ainda neste projeto, foi realizado um levantamento de informações sobre critérios de enquadramento adotados em outros países e no Brasil, definição do enquadramento e dos principais conceitos envolvidos neste processo, através da MF-3. Também foi realizada uma análise da viabilidade jurídica e institucional para a adoção de critérios alternativos de enquadramento.

Finalizado em fevereiro de 2005, o Projeto Iguaçu assume um papel fundamental na construção de conhecimentos e desenvolvimento dos instrumentos de gestão de recursos hídricos no Estado do Paraná, tanto para a instituição acadêmica, tida como a primeira experiência do departamento envolvido, como para os órgãos públicos e técnicos que direta ou indiretamente estão ligados à gestão de recursos hídricos.

2.5.2 Projeto Enquadramento - USP e UFPR

O Projeto Enquadramento, com o título de Bacias Críticas: Bases Técnicas para a Definição de Metas Progressivas para seu Enquadramento e a Integração com os demais Instrumentos de Gestão, tem por objetivo geral a “estruturação de metodologia para enquadramento de corpos de água que considere aspectos técnicos relevantes tais como a definição de metas progressivas, vazões críticas, parâmetros de qualidade da água e calibração de modelos de qualidade de água”. Pretende-se disponibilizar bases técnicas consistentes que sirvam de orientação para os comitês de bacias, agências de bacias, órgãos gestores de recursos hídricos e técnicos envolvidos na elaboração dos planos, estabelecimento de metas e hierarquização das ações de recuperação da qualidade da água.

Este projeto teve início em 2004 e ainda em andamento, foi qualificado através da parceria entre o Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e o Departamento de Hidráulica e Saneamento da Universidade Federal do Paraná – Programa da Pós-graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental. As duas instituições inauguram uma parceria na área da Engenharia Ambiental e as ações do projeto trazem contribuição significativa na área de gestão de recursos hídricos, principalmente no estabelecimento de metodologias para a despoluição de corpos de água e no desenvolvimento de instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos.

Os resultados desta pesquisa servirão de subsídios para discussão nos comitês de bacias ao definirem os planos de recursos hídricos e no estabelecimento de metas progressivas para a recuperação da qualidade da água, prevendo seu enquadramento. Neste sentido, a bacia do Alto Iguaçu, que possui seu Comitê devidamente instalado, poderá dispor de todas as ferramentas conceituais, técnicas e institucionais já pesquisadas e amplamente discutidas no âmbito deste projeto. O projeto também conta com o apoio e participação da SUDERHSA, que no Paraná exerce a função de Agência de Bacia e que disponibilizou ao projeto dados e informações relativas aos recursos hídricos, em especial sobre a bacia do Alto Iguaçu.

A metodologia empregada no projeto vislumbrou a integração de conceitos como definição de vazões de referência, parâmetros de qualidade da água, entendimento das condições de calibração de ferramentas matemáticas e do estabelecimento de critérios de sustentabilidade para avaliação das medidas de despoluição hídrica. No projeto também foi considerada a integração entre os instrumentos de gestão de recursos hídricos necessários para a efetivação do enquadramento, principalmente outorga e a cobrança pelo uso dos recursos hídricos. Visando contemplar os aspectos relacionados, foi proposto um conjunto de 9 (nove) metas físicas (MF), a saber: (1) Aspectos Conceituais do Estabelecimento Metas progressivas para o Enquadramento de Corpos Hídricos; (2) Aspectos Institucionais do Enquadramento de Corpos Hídricos; (3) Conceito e Formas de Implantação de Metas Progressivas; (4) Aspectos Técnicos necessários ao Estudo de Metas Progressivas; (5) Critérios para Definição de Vazões Críticas para Enquadramento; (6) Aplicação de Modelos de Qualidade da Água para Enquadramento; (7) Definição de Parâmetros de Qualidade da Água para Enquadramento, (8) Análise e Sustentabilidade de Medidas de Despoluição Hídrica para atendimento ao Enquadramento e (9) Impacto de Enquadramento sobre os critérios de Outorga.

Os principais resultados obtidos até a conclusão desta pesquisa foram:

1. Revisão hidrológica consistente e robusta da bacia do Alto Iguaçu;
2. Consolidação da matriz de fontes de poluição;
3. Inserção institucional do enquadramento com metas progressivas na bacia do Alto Iguaçu;
4. Consolidação de funções de custos de medidas de despoluição hídrica;
5. Implantação, calibração e verificação de modelo de qualidade da água com base em monitoramento contínuo;
6. Proposta de metodologia de avaliação econômica e financeira de medidas de despoluição hídrica.

2.6 MEDIDAS DE DESPOLUIÇÃO HÍDRICA PARA A GESTÃO DO SANEAMENTO - PROCESSOS DE TRATAMENTO

O termo *poluição* provém do verbo latino *polluere*, que significa “sujar” e nem sempre uma água suja é, necessariamente, aquela que possui substâncias tóxicas ou que cause doença (BRANCO, 1993). A poluição, no sentido mais amplo, também pode ser entendida como a alteração nas características do meio aquático, provocando danos ao meio ambiente.

A poluição das águas é definida por VON SPERLING (2005) como “a adição de substâncias ou de formas de energia que, direta ou indiretamente, alterem a natureza do corpo de água de uma maneira tal que prejudique os legítimos usos que dele são feitos”. Segundo este autor, existem duas formas de fontes de poluentes que afetam os corpos de água: poluição pontual – poluentes que são lançados de forma concentrada no espaço e poluição difusa – poluentes que atingem os corpos de água distribuídos ao longo de sua extensão.

A presente pesquisa tem o enfoque no controle da poluição pontual por meio de coleta e tratamento de esgotos domésticos que são lançados nos corpos de água da bacia do Alto Iguaçu.

2.6.1 Sistema de Esgotamento Sanitário

A poluição das águas decorrente de um sistema deficiente de coleta e tratamento de águas residuárias urbanas tornou-se um problema crucial que vem comprometendo a qualidade de vida, os avanços em saúde e o desenvolvimento econômico, especialmente nas grandes áreas metropolitanas (PEGORINI et al., 2005).

Existem, basicamente, dois tipos de sistemas de coleta pública: sistema separador e sistema combinado. A maioria das cidades brasileiras adota o “sistema separador” de esgotamento sanitário, ou seja, as águas pluviais são coletadas independentemente pelas galerias pluviais e levadas para descargas diretas em corpos de água. Nas Estações de Tratamento de Esgotos - ETEs devem chegar apenas os esgotos coletados das residências (NETTO, 1979).

Alguns países adotam o “sistema combinado” que misturam água da chuva com esgotos e são transportados conjuntamente pelo mesmo sistema, sendo que neste caso a ETE deverá ser dimensionada levando-se em consideração a parcela correspondente às águas pluviais (VON SPERLING, 2005).

Os sistemas de coleta e tratamento de esgotos urbanos projetados como sistemas separadores absolutos são destinados a coletar e transportar o esgoto separadamente das águas pluviais.

Sendo assim, tanto o projeto do sistema de coleta e transporte quanto o projeto das Estações de Tratamento de Esgotos não levam em consideração o aumento de vazão advindo das águas de chuva ou de fugas de drenagem de águas pluviais quando ocorrem fortes chuvas.

Na ocorrência de chuvas torrenciais, as vazões que chegam as ETEs são significativamente alteradas em função das ligações clandestinas no sistema de coleta, alterando as características e qualidade da água que chega às estações de tratamento.

2.6.2 Principais Problemas Ocasionados pelas Ligações Irregulares ou Ligações Clandestinas de Esgotos

O fato das águas de chuva estar conectadas às redes de esgotos traz inúmeras consequências desagradáveis, tais como: redes de esgoto que não foram projetadas para captar águas pluviais, e que durante chuvas torrenciais, operam sob pressão e não mais por gravidade. Este fato proporciona o retorno do esgoto para os respectivos imóveis, danificando o sistema de coleta e causando cheiro desagradável nos banheiros, cozinhas e demais dependências do imóvel. As ETEs que não foram dimensionadas para o pico de vazão, acabam tratando as águas das chuvas juntamente com os esgotos, alterando suas condições básicas, eficiência do tratamento, sobrecarga hidráulica e onerando o processo de tratamento de esgoto.

Segundo NETTO (1979), “as águas pluviais, a rigor, não deveriam chegar aos coletores de sistemas separadores absolutos, mas na realidade sempre chegam, não somente devido a defeitos das instalações, mas também devido às

ligações clandestinas, à falta de fiscalização e à negligência”. O autor afirma que o problema está em admitir um nível aceitável de intromissão de águas pluviais sem prejudicar o sistema de coleta e tratamento de esgotos sanitários.

No entanto, nas cidades que adotam o “sistema separador”, o que se observa é um número elevado de imóveis que possuem ligações internas de esgotos ligados incorretamente à rede coletora de esgotos. Para as companhias de saneamento, é considerado imóvel interligado corretamente na rede coletora de esgoto quando ocorrer as seguintes situações:

- os efluentes de esgoto do imóvel são lançados na rede coletora de esgoto;
- as águas pluviais “não” são lançadas na rede coletora de esgoto;
- e inexistência de fossas e sumidouros.

Qualquer situação diferente da descrita acima se considera imóvel em situação irregular quanto à interligação na rede pública de esgotamento sanitário.

Nos levantamentos realizados pela Sanepar, através de vistorias técnicas nos imóveis que possuem rede disponível para interligação em alguns municípios da região metropolitana, pode-se observar, através do quadro 5, a incidência de irregularidades que continuam na rede. Nos municípios de Almirante Tamandaré, São José dos Pinhais, Colombo e Campo Largo, os valores estão acima de 24 por cento, atingindo 48% no município de Almirante Tamandaré. O município de Curitiba, cujo sistema tem um índice de atendimento da ordem de 80% de coleta, apresenta valores maiores que 18% de imóveis que continuam irregulares em relação à interligação na rede. Os dados são acumulados no período de 1998 a 2006 e representa a situação atual dos imóveis, após as vistorias técnicas e ações socioambientais realizadas na área de atuação (SANEPAR, 2006).

QUADRO 5 – SITUAÇÃO DAS LIGAÇÕES DE ESGOTOS DOMÉSTICOS NA RMC

| Município | Ligações de Esgoto | Imóveis Vistoriados | Imóveis não vistoriados | Imóveis Regularizados (dos Vistoriados) | Não regularizados (dos vistoriados) | Imóveis Irregulares % |
|-----------------------|--------------------|---------------------|-------------------------|---|-------------------------------------|-----------------------|
| CURITIBA | 305.160 | 230.829 | 74.331 | 187.246 | 43.583 | 18,88 |
| ARAUCÁRIA | 8.354 | 5.800 | 2.554 | 4.684 | 1.116 | 19,24 |
| PIRAQUARA | 8.311 | 7.441 | 870 | 6.092 | 1.349 | 18,13 |
| CAMPO LARGO | 7.058 | 3.195 | 3.863 | 2.398 | 797 | 24,95 |
| SÃO JOSÉ DOS PINHAIS | 22.334 | 19.224 | 3.110 | 13.270 | 5.954 | 30,97 |
| ALMIRANTE TAMANDARÉ | 1.290 | 1.223 | 67 | 627 | 596 | 48,73 |
| BALSA NOVA | 2.728 | 2.242 | 486 | 1.894 | 348 | 15,52 |
| CAMPINA GRANDE DO SUL | 5.295 | 4.474 | 821 | 3548 | 926 | 20,76 |
| COLOMBO | 9.165 | 7.820 | 1.345 | 5.801 | 2.019 | 25,82 |
| MANDIRITUBA | 111 | 0 | 111 | 0 | 0 | 0,00 |
| QUATRO BARRAS | 2.865 | 2.250 | 615 | 1.895 | 355 | 15,78 |
| FAZENDA RIO GRANDE | 304 | 268 | 36 | 242 | 26 | 9,70 |
| PINHAIS | 11.716 | 9.822 | 1.894 | 7.923 | 1.899 | 19,33 |
| CAMPO MAGRO | 188 | 0 | 188 | 0 | 0 | 0,00 |

FONTE: SANEPAR (2006)

2.6.3 Programas de Regularização das Ligações de Esgotos na Rede Pública

Visando as regularizações das ligações de esgotos, as Companhias de Saneamento Estaduais desenvolvem ações ou programas que têm por objetivo promover a correta ligação do imóvel à rede coletora pública.

A Companhia de Saneamento do Paraná - Sanepar, através da Diretoria de Meio Ambiente e Ação Social, criou o Programa “Viva a Natureza! – Se ligue na rede”, que tem como objetivo a regularização da ligação de esgoto, priorizando a intervenção socioambiental na implantação das obras de saneamento e buscando criar instâncias de participação e controle social da população em seus empreendimentos. O fator preponderante é a participação da comunidade a ser beneficiada com as obras de saneamento, na adesão efetiva para a interligação correta da rede coletora de esgotos interna a rede pública disponibilizada pela Companhia de Saneamento.

Segundo o Termo de Referência para Contratação de Prestação de Serviços Socioambientais Aplicados às Obras de Esgotamento Sanitário da Diretoria de Meio Ambiente e Ação Social (SANEPAR, 2006), os trabalhos iniciam-se com a realização de reunião entre a companhia e empresa contratada para apresentação e discussão do projeto de intervenção socioambiental, que será desenvolvido de forma integrada ao projeto de engenharia. Após a discussão e ajustes no Projeto de Intervenção Socioambiental pela empresa, dá-se início a sua execução, com o devido monitoramento, controle e avaliação das atividades programadas.

As vistorias técnicas são realizadas pela área operacional e ambiental da empresa nos imóveis onde foram realizadas as ações de educação socioambiental e executadas as redes do sistema de coleta e tratamento de esgoto. O objetivo deste trabalho é de verificar e realizar testes para confirmar se as instalações hidráulicas sanitárias do imóvel encontram-se interligadas corretamente à rede coletora, bem como orientar tecnicamente os clientes de como executar as instalações internas, no caso de não haver conformidade durante a vistoria.

2.6.4 Sistemas de Tratamento de Esgotos

A definição do sistema de tratamento de esgotos deve ser feita de forma a adequar o lançamento do efluente a uma qualidade desejada ou ao limite de padrão de qualidade imposto pela legislação vigente. A remoção dos poluentes está associada aos conceitos de níveis de tratamento e eficiência do tratamento. Segundo VON SPERLING (2005), o tratamento dos esgotos é classificado através dos seguintes níveis: Preliminar, Primário, Secundário, Terciário, Tratamento de Lodos e Processo Físico-Químico.

O tratamento preliminar tem a finalidade de remover apenas os sólidos grosseiros e consiste em gradeamento, peneiras, caixas de areia, caixas de retenção de óleos e graxas. O tratamento primário visa à remoção de sólidos sedimentáveis e parte da matéria orgânica. Consistem em tanques de flotação, decantadores e fossas sépticas. O tratamento secundário tem por objetivo a remoção da matéria orgânica e eventualmente nutriente (nitrogênio e fósforo) por

processos biológicos como: lodos ativados, filtros biológicos, lagoas aeradas, lagoas de estabilização, digestor anaeróbio de fluxo ascendente e sistemas de disposição no solo, entre outros. O tratamento terciário visa a remoção de substâncias não eliminadas em níveis desejados nos tratamentos anteriores ou a remoção de poluentes específicos. Consistem em lagoas de maturação, desinfecção, filtros de carvão ativo e precipitação química. O tratamento de lodos tem por objetivo a desidratação ou adequação para disposição final. São utilizados leitos de secagem, centrífugas, filtros, prensas desaguadoras, digestão aeróbia ou anaeróbia, incineração e disposição no solo. O tratamento físico-químico visa à remoção de sólidos em todas suas formas. Utilizado também para remoção de sólidos em suspensão de efluentes orgânicos (VON SPERLING, 2005).

O quadro 6 resume os principais processos de tratamento dos esgotos, segundo a classificação mencionada acima.

QUADRO 6 – NÍVEIS E PROCESSOS DE TRATAMENTO DOS ESGOTOS

| Tratamento | Finalidade | Unidades de tratamento |
|-----------------|---|--|
| Preliminar | Remoção de sólidos grosseiros | Grades, peneiras, caixas de areia, caixas de retenção de óleos e graxas. |
| Primário | Remoção de resíduos finos em suspensão nos efluentes | Tanques de flotação, decantadores, fossas sépticas. |
| Secundário | Redução do teor de matéria orgânica | Lodos ativados, filtros biológicos, lagoas aeradas, lagoas de estabilização, digestor anaeróbio de fluxo ascendente e sistemas de disposição no solo, etc. |
| Terciário | Remoção de substâncias não eliminadas nos tratamentos anteriores, como nutrientes, micro-organismos patogênicos, cor, etc | Lagoas de maturação, cloração, ozonização, radiações ultravioletas, filtros de carvão ativo e precipitação química em alguns casos. |
| Lodos | Desidratação ou adequação para disposição final | Leitos de secagem, centrífugas, filtros prensa, filtros a vácuo, prensas desaguadoras, digestão anaeróbica ou aeróbica, incineração, disposição no solo. |
| Físico-químicos | Remoção de sólidos de todos os tipos e alteração das características físico-químicas | Coagulação, floculação, precipitação química, oxidação e neutralização. |

FONTE: PHILIPPI (2004)

2.6.5 Aspectos Importantes para a Seleção do Processo de Tratamento de Esgotos

O processo de decisão que envolve a escolha e a definição do processo de tratamento de esgotos não é simples e envolvem muitos fatores. Segundo PHILIPPI

(2004), as características do esgoto a ser tratado, as exigências legais, a área disponível e os custos de implantação e operação são fatores básicos na definição do sistema de tratamento mais adequado. Nem sempre a melhor escolha técnica é a mais viável e possível de ser implantada. Para VON SPERLING (2005), é necessário um balanceamento entre os critérios técnicos e econômicos, levando-se em consideração os dados quantitativos e qualitativos de cada alternativa. O autor apresenta um conjunto de aspectos importantes que poderão ser utilizados na seleção de sistemas de tratamento de esgotos: eficiência, confiabilidade, disposição do lodo, requisitos de área, impactos ambientais, custos de operação, custos de implantação, sustentabilidade e simplicidade.

Para a seleção mais adequada do processo de tratamento de esgotos, devem-se atribuir critérios ou pesos para os aspectos em análise, visando a hierarquização das alternativas. Entretanto, devido às dificuldades e complexidades dos cenários em análise, o bom senso deve prevalecer quando da atribuição dos pesos para cada aspecto analisado (PHILIPPI, 2004).

O quadro 7 apresenta os processos de tratamento de esgotos, a qualidade média do efluente, eficiência de remoção e custos de implantação, operação e manutenção, fatores básicos essenciais para a escolha e estabelecimento do processo de tratamento de esgotos a ser aplicado na área em estudo.

QUADRO 7 - CONCENTRAÇÕES MÉDIAS EFLUENTES E EFICIÊNCIAS TÍPICAS DE REMOÇÃO DOS PRINCIPAIS POLUENTES DE INTERESSE NOS ESGOTOS DOMÉSTICOS

| Sistema | Qualidade média do efluente | | | | | | Eficiência média de remoção | | | | | | Custos | |
|---|-----------------------------|---------|---------|----------|---------|---------|-----------------------------|-------|-------|----------|---------|---------|-------------|-----------------------|
| | DBO ₅ | DQO | SS | Amônia-N | N total | P total | DBO ₅ | DQO | SS | Amônia-N | N total | P total | Implantação | Operação e Manutenção |
| | (mg/L) | (mg/L) | (mg/L) | (mg/L) | (mg/L) | (mg/L) | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (R\$/hab) | (R\$/hab. Ano) |
| Tratamento primário convencional/tanques sépticos | 200-250 | 400-450 | 100-150 | >20 | >30 | >4 | 30-35 | 25-35 | 55-65 | <30 | <30 | <35 | 30-50 | 1,5-2,5 |
| Tratamento primário avançado (a) | 60-150 | 150-250 | 30-90 | >20 | >30 | <2 | 45-80 | 55-75 | 60-90 | <30 | <30 | 75-90 | 40-60 | 8,0-15,0 |
| Lagoa facultativa | 50-80 | 120-200 | 60-90 | >15 | >20 | >4 | 75-85 | 65-80 | 70-80 | <50 | <60 | <35 | 40-80 | 2,0-4,0 |
| Lagoa anaeróbia - lagoa facultativa | 50-80 | 120-200 | 60-90 | >15 | >20 | >4 | 75-85 | 65-80 | 70-80 | <50 | <60 | <35 | 30-75 | 2,0-4,0 |
| Lagoa aerada facultativa | 50-80 | 120-200 | 60-90 | >20 | >30 | >4 | 75-85 | 65-80 | 70-80 | <30 | <30 | <35 | 50-90 | 5,0-9,0 |
| Lagoa aerada mistura completa - lagoa sedimentação | 50-80 | 120-200 | 40-60 | >20 | >30 | >4 | 75-85 | 65-80 | 80-87 | <30 | <30 | <35 | 50-90 | 5,0-9,0 |
| Lagoa anaeróbia + lagoa facult.+ lagoa de maturação | 40-70 | 100-180 | 50-80 | 10-15 | 15-20 | <4 | 80-85 | 70-83 | 73-83 | 50-65 | 50-65 | >50 | 50-100 | 2,5-5,0 |
| Lagoa anaeróbia + lagoa facult.+ lagoa de alta taxa | 40-70 | 100-180 | 50-80 | 5-10 | 10-15 | 3-4 | 80-85 | 70-83 | 73-83 | 65-85 | 75-90 | 50-60 | 50-90 | 3,5-6,0 |
| Lagoa anaeróbia + lagoa facult.+ remoção de algas | 30-50 | 100-150 | <30 | >15 | >20 | >4 | 85-90 | 75-83 | >90 | <50 | <60 | <35 | 50-90 | 3,5-6,0 |
| Infiltração lenta | <20 | <80 | <20 | <5 | <10 | <1 | 90-99 | 85-95 | >93 | >80 | >75 | >85 | 20-60 | 1,0-3,0 |
| Infiltração rápida | <20 | <80 | <20 | <10 | <15 | <4 | 85-98 | 80-93 | >93 | >65 | >65 | >50 | 30-70 | 1,5-3,5 |
| Escoamento superficial | 30-70 | 100-150 | 20-60 | 10-20 | >15 | >4 | 80-90 | 75-85 | 80-93 | 35-65 | <65 | <35 | 40-80 | 2,4-4,0 |
| Terras úmidas construídas (wetlands) | 30-70 | 100-150 | 20-40 | >15 | >20 | >4 | 80-90 | 75-85 | 87-93 | <50 | <60 | <35 | 50-80 | 2,5-4,0 |
| Tanque séptico + filtro anaeróbio | 40-80 | 100-200 | 30-60 | >15 | >20 | >4 | 80-85 | 70-80 | 80-90 | <45 | <60 | <35 | 80-130 | 6,0-10 |
| Tanque séptico + infiltração | <20 | <80 | <20 | <10 | <15 | <4 | 90-98 | 85-95 | >93 | >65 | >65 | >50 | 60-100 | 3,0-5,0 |
| Reator UASB | 70-100 | 180-270 | 60-100 | >15 | >20 | >4 | 60-75 | 55-70 | 65-80 | <50 | <60 | <35 | 30-50 | 2,5-3,5 |
| UASB + lodos ativados | 20-50 | 60-150 | 20-40 | 5-15 | >20 | >4 | 83-93 | 75-88 | 87-93 | 50-85 | <60 | <35 | 70-110 | 7,0-12 |
| UASB + biofiltro aerado submerso | 20-50 | 60-150 | 20-40 | 5-15 | >20 | >4 | 83-93 | 75-88 | 87-93 | 50-85 | <60 | <35 | 65-100 | 7,0-12 |
| UASB + filtro anaeróbio | 40-80 | 100-200 | 30-60 | >15 | >20 | >4 | 75-87 | 70-80 | 80-90 | <50 | <60 | <35 | 45-70 | 3,5-5,5 |
| UASB + filtro biológico percolador de alta carga | 20-60 | 70-180 | 20-40 | >15 | >20 | >4 | 80-93 | 73-88 | 87-93 | <50 | <60 | <35 | 60-90 | 5,0-7,5 |
| UASB + flotação por ar dissolvido | 20-50 | 60-100 | 10-30 | >20 | >30 | 1-2 | 83-93 | 83-90 | 90-97 | <30 | <30 | 75-88 | 60-90 | 6,0-9,0 |
| UASB + lagoas de polimento | 40-70 | 100-180 | 50-80 | 10-15 | 15-20 | <4 | 77-87 | 70-83 | 73-83 | 50-65 | 50-65 | >50 | 40-70 | 4,5-7,0 |
| UASB + lagoa aerada facultativa | 50-80 | 120-200 | 60-90 | >20 | >30 | >4 | 75-85 | 65-80 | 70-80 | <30 | <30 | <35 | 40-90 | 5,0-9,0 |
| UASB + lagoa aerada mist. compl. + lagoa decant. | 50-80 | 120-200 | 40-60 | >20 | >30 | >4 | 75-85 | 65-80 | 80-87 | <30 | <30 | <35 | 40-90 | 5,0-9,0 |
| UASB + escoamento superficial | 30-70 | 90-180 | 20-60 | 10-20 | >15 | >4 | 77-90 | 70-85 | 80-93 | 35-65 | <65 | <35 | 50-90 | 5,0-7,0 |
| Lodos ativados convencional | 15-40 | 45-120 | 20-40 | <5 | >20 | >4 | 85-93 | 80-90 | 87-93 | >80 | <60 | <35 | 100-160 | 10-20 |
| Lodos ativados - aeração prolongada | 10-35 | 30-100 | 20-40 | <5 | >20 | >4 | 90-97 | 83-93 | 87-93 | >80 | <60 | <35 | 90-120 | 10-20 |
| Lodos ativados convenc. com remoção biológica de N | 15-40 | 45-120 | 20-40 | <5 | <10 | >4 | 85-93 | 80-9 | 87-93 | >80 | >75 | <35 | 110-170 | 10-22 |
| Lodos ativados convenc. com remoção biológ. de N/P | 15-40 | 45-120 | 20-40 | <5 | <10 | 1-2 | 85-93 | 80-90 | 87-93 | >80 | >75 | 75-88 | 130-190 | 15-25 |
| Lodos ativados convencional + infiltração terciária | 10-20 | 30-60 | 10-20 | <5 | >20 | 3-4 | 93-98 | 90-95 | 93-97 | >80 | <60 | 50-60 | 130-190 | 15-25 |
| Filtro biológico percolador de baixa carga | 15-40 | 30-120 | 20-40 | 5-10 | >20 | >4 | 85-93 | 80-90 | 87-93 | 65-85 | <60 | <35 | 120-150 | 10-15 |
| Filtro biológico percolador de alta carga | 30-60 | 80-180 | 20-40 | >15 | >20 | >4 | 80-90 | 70-87 | 87-93 | <50 | <60 | <35 | 120-150 | 10-15 |
| Biofiltro aerado submerso com nitrificação | 15-35 | 30-100 | 20-40 | <5 | >20 | >4 | 88-95 | 83-90 | 87-93 | >80 | <60 | <35 | 70-120 | 8-15 |
| Biodisco | 15-35 | 30-100 | 20-40 | 5-10 | >20 | >4 | 88-95 | 83-90 | 87-93 | 65-85 | <60 | <35 | 120-150 | 10-15 |

FONTE: ADAPTADO DE VON SPERLING (2005)

3 PAPEL DO USUÁRIO NA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

Do ponto de vista do usuário de recursos hídricos, especificamente de uma companhia estadual de abastecimento de água e esgotamento sanitário, este trabalho configura-se como desafiador e ao mesmo tempo inovador quando requer uma mudança na forma de atuação na gestão dos recursos hídricos, sob a ótica dos instrumentos preconizados pela Lei 9.433/97:

- *Desafiador*, pois o cenário atual do setor de saneamento exige boa integração e articulação no sentido de compatibilizar os diversos dispositivos estaduais e federais criados recentemente para o setor, na tentativa de melhorar os índices de saneamento do país.
- *Inovador*, pois esta pesquisa é realizada no campo da gestão dos recursos hídricos e sua interface com o saneamento, tendo como foco principal a proposição de ações e metodologia para a recuperação da qualidade da água sob a ótica de um grande usuário de recursos hídricos, especificamente uma empresa pública de saneamento.

3.1 ATRIBUIÇÃO DE UMA EMPRESA DE SANEAMENTO E SEUS OBJETIVOS

A importância do saneamento relacionado à saúde humana remonta às mais antigas civilizações. Ao norte da Índia, em torno de 4.000 anos atrás, estudos indicaram a presença de banheiros e de esgotos nas construções, além de evidências de drenagem urbana (HELLER, 1997).

O saneamento pode ser compreendido em vários aspectos: como requisito indispensável para a proteção da saúde e para a conservação e proteção do meio ambiente, além de proporcionar bem-estar às populações e assumir papel fundamental no planejamento das grandes cidades e no meio rural.

O conceito sobre saneamento vem sofrendo modificações no sentido de incorporar a grande interface existente entre as áreas de meio ambiente e de saúde pública. O entendimento de saúde, por exemplo, foi ampliado como o completo bem-estar físico, mental e social do indivíduo e não apenas ausência de doenças, conforme definido pela Organização Mundial de Saúde (PHILIPPI, 2004). O

saneamento, segundo a clássica definição, pode ser entendido como o controle de todos os fatores do meio físico do homem, que exercem ou podem exercer efeitos deletérios sobre seu bem estar físico, mental ou social (PHILIPPI, 2004)⁴.

Algumas formulações propostas para o conceito de saneamento têm privilegiado a compreensão sanitária do abastecimento de água e esgotamento sanitário em detrimento das outras ações de saneamento (HELLER, 1997).

No Manual de Saneamento da FUNASA (BRASIL, 2004b), saneamento ambiental é definido como:

o conjunto de ações socioeconômicas que têm por objetivo alcançar níveis de salubridade ambiental, por meio de abastecimento de água potável, coleta e disposição sanitária de resíduos sólidos, líquidos e gasosos, promoção da disciplina sanitária de uso do solo, drenagem urbana, controle de doenças transmissíveis e demais serviços e obras especializadas, com a finalidade de proteger e melhorar as condições de vida urbana e rural.

E o entendimento de salubridade ambiental é:

o estado de higidez em que vive a população urbana e rural, tanto no que se refere à sua capacidade de inibir, prevenir ou impedir a ocorrência de endemias ou epidemias veiculada pelo meio ambiente, como no tocante ao seu potencial de promover aperfeiçoamentos de condições mesológicas favoráveis ao pleno gozo de saúde e bem estar.

Pode-se observar que no texto de vários autores e mesmo de instituições de governo não há clareza quanto à definição da terminologia. Pode-se citar como exemplo que o atual governo denomina de Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental a instância cuja finalidade é de propor ações de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza pública e drenagem pluvial e designa por *saneamento básico* as mesmas ações, na nova Lei de Saneamento, Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que institui “as diretrizes nacionais para os serviços públicos de saneamento básico”.

Mesmo quando da elaboração do Plano Nacional de Recursos Hídricos houve a necessidade de se estabelecer uma definição para o *saneamento* como o equivalente ao conjunto das ações assumidas como integrantes das competências da atual Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental: abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza pública e drenagem pluvial. Entretanto, segundo o

⁴ [WHO] World Health Organization. Health and environment in sustainable development: five years after the Earth summit. Geneva, 1997.

Caderno Setorial (BRASÍLIA, 2006), é importante pontuar as divergências nessa definição, como:

- a ausência da inclusão das atividades de *controle de vetores* nesse conjunto, como assumido pela definição da FUNASA;
- a falta de clareza na diferenciação das expressões *saneamento*, *saneamento básico* e *saneamento ambiental*, sendo muitas vezes utilizadas de forma indiscriminada⁵;
- a inexistência, em outros idiomas ocidentais (inglês, espanhol, francês), de termo que reúna esse conjunto amplo de ações, sendo mais freqüente a referência ao abastecimento de água e ao esgotamento sanitário, como setor.

Independente dos conceitos recentemente ampliados sobre saneamento, a grande maioria das empresas responsáveis atuam basicamente na área de abastecimento de água e esgotamento sanitário. Observa-se ainda, mesmo que timidamente, algumas iniciativas nas áreas de limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos.

O Plano Nacional de Saneamento – PLANASA, instituído na década de 70, o conceito sobre saneamento correspondia aos campos de abastecimento de água e de esgotamento sanitário. Neste cenário surgiram as companhias estaduais de saneamento, condição necessária para participação dos Estados Brasileiros no PLANASA. Os municípios delegaram aos Estados a atribuição das ações de saneamento e os Estados aderiram ao PLANASA através de instrumentos institucionais para obtenção de recursos financeiros (REZENDE, 2002).

Devido ao crescimento populacional e a uma desordenada migração da zona rural para as grandes cidades, as companhias de saneamento e o próprio PLANASA priorizaram a aplicação dos investimentos em abastecimento de água em detrimento das demais ações que compõem o saneamento básico.

Entretanto, essa visão não pode mais prevalecer para o setor. A realidade nos grandes centros carece de urgentes medidas de saneamento no sentido mais amplo da palavra. Observa-se que em 1970, as cidades brasileiras possuíam uma

⁵ O próprio PLANASA – Plano Nacional de Saneamento empregou esta última palavra correspondendo, unicamente, ao abastecimento de água e ao esgotamento sanitário.

população de 52 milhões de habitantes, representando 56% da população do país e em 30 anos, passou para 138 milhões, correspondendo a 81%, ou seja, incremento de 86 milhões de indivíduos demandando infra-estrutura urbana (BRASÍLIA, Caderno Setorial, 2006).

A avaliação quanto à disponibilidade de recursos hídricos para suprir toda demanda gerada por essa população aponta para um quadro negativo. Não há disponibilidade de água adequada para abastecimento às populações e a capacidade dos corpos de água em absorver toda a carga de poluição lançada é insuficiente, considerando o atual índice de coleta e tratamento de esgotos implantados nos municípios brasileiros.

O cenário configurado para a área de saneamento ainda aponta tímido controle e participação social, baixa articulação entre áreas afins como saúde pública, planejamento urbano e recursos hídricos (BRASÍLIA, Caderno Setorial, 2006).

Desta forma, os objetivos para o setor de saneamento, concernentes ao abastecimento de água e esgotamento sanitário, a fim de elevar os atuais patamares prestados pelas empresas responsáveis, deverão internalizar a dimensão ambiental a partir dos seguintes pressupostos:

- No processo de abastecimento de água deverão ser contempladas responsabilidades que vão desde a proteção de mananciais de abastecimento até a disposição adequada dos resíduos gerados nos processos de tratamento. Programas de educação socioambiental deverão ser desenvolvidos para a mobilização e participação da sociedade nos processos de decisão e na conscientização para o uso racional de água.
- Os processos de tratamento de esgotos sanitários deverão incorporar novas tecnologias, a custos acessíveis, visando melhoria de eficiência de remoção de poluentes e adequada disposição final de resíduos. É fundamental a realização de programas de educação socioambiental para o envolvimento da população no uso correto da rede coletora de esgotos.

3.2 OBJETIVOS SETORIAIS – POLÍTICA

Independente da época ou do papel do estado como responsável pelas políticas públicas vinculadas aos recursos hídricos, existe uma grande interface com o setor de saneamento nos três níveis federativos: federal, estadual e municipal. A própria natureza assumida pela área de saneamento influencia outras políticas setoriais e vice-versa.

A seguir estão relacionadas algumas áreas que de maneira direta ou indireta influenciam nas diretrizes de saneamento e de recursos hídricos (BRASÍLIA, Caderno Setorial, 2006):

- Área ambiental – interface com a legislação sobre padrões de qualidade de água, programas para a recuperação da qualidade da água, processos de coleta e tratamento de esgotos sanitários, legislação sobre outorga de direito de uso e licenciamento ambiental, monitoramento e fiscalização de águas superficiais e subterrâneas, gestão de resíduos sólidos urbanos e rurais e gestão territorial.
- Área urbana – interface com infra-estrutura urbana, urbanização, planejamento e desenvolvimento urbano. As intervenções dos planos diretores dos municípios e dos conselhos das cidades na infra-estrutura sanitária. Todas as atividades urbanas deverão ser planejadas observando a função primordial da bacia cujo uso mais nobre é o abastecimento público.
- Setor agrário – a interface com a política de assentamento, uso do solo para a agricultura e a proteção dos recursos hídricos.
- Área de transportes – interfaces no planejamento viário urbano e sua relação com os vales urbanos. Programas de sinalização em rodovias e políticas de gestão de riscos e emergências ambientais.
- Setor educacional e seus esforços de consolidação de estratégias de educação sanitária e educação para a saúde. As conferências sobre a Agenda 21 formam mecanismos importantes para a questão ambiental no setor público educacional.
- Área de saúde – interfaces com as legislações sobre resíduos e efluentes de serviços de saúde, nas políticas públicas de vigilância sanitária e

epidemiológica. Os reflexos na área de saúde são imediatos quando os investimentos priorizam o saneamento básico em toda sua dimensão.

Deste modo, as políticas nacionais – do Meio Ambiente, de Saúde, de Recursos Hídricos, de Educação Ambiental, de Desenvolvimento Urbano - devem encontrar respaldo em políticas estaduais e municipais, buscando o equilíbrio entre as ações dos três governos para o bem-estar da sociedade.

3.3 PLANOS DIRETORES DE ÁGUA E ESGOTO - IMPORTÂNCIA E DIFICULDADES

O plano diretor, como o nome indica, é um plano de diretrizes que deve conter metas, programas e projetos, com a estimativa de recursos financeiros necessários para a implementação das ações. Consiste basicamente num planejamento de médio e longo prazo.

O planejamento é a preparação para a ação, ou seja, pensar antes de agir. E na área de saneamento, cujos resultados das ações interferem diretamente na área da saúde, educação, desenvolvimento econômico e social, planejamento urbano, entre outros, é de fundamental importância a elaboração e a implantação de planos diretores de água e de esgoto sanitário.

Entretanto, dado sua complexidade de elaboração e implantação, que compreende, por exemplo, etapas que vão desde o diagnóstico, estimativa de evolução da demanda dos serviços, tecnologias apropriadas e custos, muitas empresas de saneamento não têm seus planos diretores ou encontram-se desatualizados.

Por outro lado, o planejamento estratégico aparece como novidade para as empresas, sendo considerado como um instrumento capaz de oferecer suporte às gestões urbanas e importantes para atrair investimentos externos (PHILIPPI, 2004).

Independente da denominação que se é atribuída, o planejamento de uma empresa de saneamento é um valioso instrumento de desenvolvimento e gestão, e não pode ser considerado apenas como exigência burocrática e inútil ou como instrumento útil apenas para facilitar a obtenção de financiamentos.

O plano diretor de água e de esgoto sanitário deve ser baseada na bacia hidrográfica e na estrutura da rede urbana para o gerenciamento dos recursos hídricos, visando assegurar às atuais e futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos, com base no manejo integrado dos recursos hídricos.

A nova Lei do Saneamento, que estabelece a elaboração do plano de saneamento básico, define como obrigação dos titulares dos serviços a garantia da participação dos usuários dos serviços, tanto na formulação quanto na implementação da sua política de saneamento. Esta condição é propiciada por meio dos mais variados mecanismos de controle social, fazendo com que a sociedade possa manifestar suas opiniões e contribuir para a definição de metas e prioridades e dos mecanismos para o seu alcance dos objetivos propostos.

Nesse contexto, a consolidação do planejamento dos serviços de saneamento básico estabelece a participação da sociedade e os planos devem ser feitos de acordo com a natureza de cada um dos componentes do saneamento, revistos periodicamente, e, quando envolver serviços regionais, deve envolver todos os municípios dele integrantes.

3.4 INSERÇÃO NA POLÍTICA DE RECURSOS HÍDRICOS

O uso múltiplo dos recursos hídricos configura-se como um dos princípios básicos da Lei 9.433/97, sendo classificados pelos diversos usuários: abastecimento humano e animal, geração de energia, indústria, agricultura, lazer, esporte, entre outros.

Para que haja compatibilidade de usos e minimização de conflitos devido a interesses diversos, são imprescindíveis a estruturação e articulação entre os usuários e instituições responsáveis pelo gerenciamento dos recursos hídricos.

O fórum de decisão das ações a serem implementadas na área de abrangência da bacia hidrográfica, conforme estabelece a Política Nacional de Recursos Hídricos, é o Comitê de Bacia. Este possui representação do Estado, Municípios, Sociedade Civil e Usuários de Recursos Hídricos, e tem por objetivo analisar, propor e aprovar as proposições das Agências de Bacia Hidrográfica, em

especial o Plano de Bacia, critérios e normas gerais para outorga de direitos de uso dos recursos hídricos, mecanismos de cobrança pelo direito de uso dos recursos hídricos e dos valores a serem cobrados. Também define os investimentos a serem implementados com a aplicação dos recursos da cobrança.

O Comitê de Bacia se constitui um espaço democrático para a tomada das decisões e a agência de água é reconhecida como braço executivo do Comitê. As soluções para os conflitos de usos da água se dão nessas instâncias onde congregam os interesses de todos os atores envolvidos na bacia hidrográfica.

Os Comitês de Bacia têm como objetivo a gestão participativa e descentralizada dos recursos hídricos em um território, por meio da implementação dos instrumentos técnicos de gestão, da negociação de conflitos e da promoção dos usos múltiplos da água. Os Comitês devem integrar as ações de todos os Governos, seja no âmbito dos Municípios, dos Estados ou da União; propiciar o respeito aos diversos ecossistemas naturais; promover a conservação e recuperação dos corpos de água e garantir a utilização racional e sustentável dos recursos hídricos.

Dentre suas competências se destacam:

- arbitrar os conflitos relacionados aos recursos hídricos naquela bacia hidrográfica;
- aprovar os Planos de Recursos Hídricos;
- acompanhar a execução do Plano e sugerir as providências necessárias para o cumprimento de suas metas;
- estabelecer os mecanismos de cobrança pelo uso de recursos hídricos e sugerir os valores a serem cobrados;
- definir os investimentos a serem implementados com a aplicação dos recursos da cobrança.

Assumindo papel de fundamental importância neste cenário, os usuários de recursos hídricos, especificamente representantes do setor de abastecimento de água e diluição de efluentes urbanos, deparam-se com um cenário desafiador como integrante dos Comitês de Bacia: garantir a disponibilidade de água para abastecimento público, superar o déficit atual em relação à cobertura de coleta e tratamento de esgoto doméstico, assegurando à água qualidade compatível com os usos mais exigentes.

Assim, a atuação das empresas de saneamento nos Comitês de Bacia estabelece um novo paradigma, assumindo novo contexto no gerenciamento dos recursos hídricos, com o foco no planejamento da bacia hidrográfica e na otimização dos investimentos.

3.4.1 Recuperação de Corpos de Água - Enquadramento

O grande desafio para o Comitê de Bacia é estabelecer os objetivos de qualidade da água de forma a combinar os usos múltiplos e o nível de qualidade adequado para a sua sustentação (PORTO, 2002).

Para os corpos de água degradados, a recuperação da qualidade da água depende do horizonte de tempo em que os objetivos serão alcançados e da capacidade de investimento para esse período. Quando os objetivos são agrupados em Classes de Uso, permitem que sejam definidas estratégias comuns para os usos com objetivos de qualidade semelhantes. Para PORTO (2002), a classificação dos corpos de água é a combinação dos instrumentos de qualidade e padrões ambientais ou critérios de qualidade da água.

A Resolução CONAMA 357/2005 trata dos objetivos de qualidade de água, dispondo sobre sua classificação e estabelecendo diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Esta Resolução define em 5 classes os corpos de água doce, segundo a qualidade requerida para seus usos preponderantes, como apresentado no Quadro 8.

QUADRO 8 – CLASSIFICAÇÃO DE CORPOS DE ÁGUA DOCE

| Classe | Destino |
|----------|---|
| Especial | Abastecimento para consumo humano, com simples desinfecção Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas Preservação do ambiente aquático em unidades de conservação |
| 1 | Abastecimento para consumo humano, com tratamento simplificado Proteção das comunidades aquáticas Recreação de contato primário (natação, esqui aquático, mergulho) Irrigação de hortaliças e frutas que são consumidas cruas |
| 2 | Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional Proteção das comunidades aquáticas Recreação de contato primário (natação, esqui aquático, mergulho) Irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques (contato direto com o público) |
| 3 | Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado Irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras Pesca amadora e recreação de contato secundário Dessedentação de animais |
| 4 | Navegação Harmonia paisagística |

FONTE: ADAPTADO DA RESOLUÇÃO CONAMA 357 / 05

As condições e limites de lançamento em corpos de água também são estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 em seu Capítulo III, sendo que os limites de DBO e OD, de acordo com cada classe estabelecida, estão demonstrados na Tabela 1:

TABELA 1 - LIMITES DE DBO E OD PARA AS CLASSES DE ENQUADRAMENTO

| Classe | Limite máximo de DBO ₅ (mg/L) | Limite mínimo de OD (mg/L) |
|----------|--|----------------------------|
| 1 | 3 | 6 |
| 2 | 5 | 5 |
| 3 | 10 | 4 |
| 4 | > 10 | 2 |

FONTE: ADAPTADO DA RESOLUÇÃO CONAMA 357/05

No seu Art. 2º, o conceito de enquadramento para um corpo hídrico é definido como o estabelecimento da meta ou objetivo de qualidade da água (classe)

a ser, obrigatoriamente, alcançado ou mantido em um segmento de corpo de água, de acordo com os usos preponderantes pretendidos, ao longo do tempo.

O enquadramento dos corpos de água da bacia hidrográfica estabelece o rumo a ser adotado na gestão integrada dos recursos hídricos. Para PORTO (2002), o instrumento de planejamento trabalha com a visão futura da bacia e permite que se defina a tática a ser utilizada nesse caminho rumo à situação desejada. É fundamental a implantação de algumas ações citadas pela autora e reproduzidas a seguir:

- que o processo de enquadramento analise toda a bacia hidrográfica;
- que seja decidido de forma descentralizada e participativa, com a comunidade local expressando sua expectativa sobre a qualidade e os usos da água;
- que as diretrizes para o enquadramento sejam simples e flexíveis, para permitir que sejam aplicadas a regiões com características naturais, econômicas e sociais distintas.

O estabelecimento da classe do enquadramento de um corpo de água deve ocorrer conforme estabelecido pela Lei nº 9.433, ou seja, no Comitê de Bacia Hidrográfica. Este é o fórum de discussão e decisão sobre os objetivos da qualidade da água e que deverão estabelecer metas de qualidade. Ou seja, as metas devem corresponder ao resultado final que leve em conta os aspectos ambientais, sociais e econômicos para a gestão dos recursos hídricos.

3.4.2 Outorga de Uso de Recursos Hídricos

A outorga é o ato administrativo mediante o qual o poder público outorgante (União, Estado ou Distrito Federal) faculta ao outorgado (requerente) o direito de uso de recurso hídrico, por prazo determinado, nos termos e nas condições expressas no respectivo ato administrativo. De acordo com o artigo 12º da Lei Federal nº 9.433/97 estão sujeitos a outorga pelo Poder Público os direitos dos seguintes usos de recursos hídricos:

1. derivação ou captação de parcela da água existente em um corpo de água para consumo final, inclusive abastecimento público, ou insumo de processo produtivo;
2. extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo;
3. lançamento em corpo de água de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final;
4. uso de recursos hídricos com fins de aproveitamento dos potenciais hidrelétricos;
5. outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água.

Segundo KELMAN⁶ (apud MACHADO, 2001) a outorga visa dar garantia ao usuário outorgado quanto à disponibilidade de água, como insumo básico de processo produtivo. Salaria também que a outorga tem valor econômico para quem a recebe, na medida em que oferece garantia de acesso a um bem limitado. A emissão de outorgas também pode ser trabalhada na perspectiva de garantir vazões para a manutenção dos ecossistemas.

Observa-se pelo exposto que a Lei prevê que as outorgas de uso da água sejam dadas para captações e lançamentos de efluentes. Isto faz com que este instrumento seja considerado um instrumento que possui interdependência com os demais instrumentos da Política de Recursos Hídricos. Os planos de bacia devem conter as prioridades para a outorga dos direitos de uso e o enquadramento é essencial na análise dos pedidos de outorga para lançamento de efluentes. Deverá também ser levada em conta a demanda requerida para a manutenção dos ecossistemas.

É considerado como um instrumento de integração entre os demais instrumentos, sendo ainda que a cobrança se dê nos usos de recursos hídricos sujeitos à outorga.

É importante que o processo de outorga seja ancorado numa base de informações hidrológicas estruturadas para que haja confiabilidade e segurança no

⁶ KELMAN, op. cit.

processo, principalmente em pequenas bacias hidrográficas. A definição de vazões ecológicas encontra dificuldades em decorrência da limitação da rede de monitoramento de qualidade das águas, bem como na escassez de informações sobre os aspectos bióticos e da capacidade de suporte das bacias.

Para PORTO (2002), a outorga de lançamento de efluentes é necessária por duas razões:

1. existe um limite tecnológico que determina a porcentagem de remoção de poluentes que uma estação de tratamento pode alcançar; por exemplo, as estações de tratamento de efluentes urbanos atingem remoções máximas que chegam, em média, a 90%; isto significa que o lançamento terá DBO aproximada de 30 mg/L; se o padrão ambiental for 5 mg/L no corpo receptor, deverá ser garantida uma vazão para a autodepuração dessa matéria orgânica remanescente, caracterizando um uso da água;
2. no estabelecimento das metas intermediárias podem ser exigidos níveis intermediários de tratamento de efluentes que vão exigir maiores vazões para auto-depuração ou diluição; esta vazão também tem de estar reservada para esse uso.

O conceito de vazão ecológica deve ser aprimorado para cada bacia hidrográfica, pois permite assegurar que o padrão ambiental será mantido até as condições previstas pela vazão de referência.

A outorga de lançamento de efluentes deve ser integrada ao enquadramento, pois deverão ser adotados os mesmos parâmetros de enquadramento como sendo os parâmetros outorgáveis. A outorga de lançamento de efluentes representa um importante instrumento que define o cumprimento das metas progressivas para redução da poluição. Ou seja, quanto maior a poluição lançada no corpo hídrico, maior o volume de água que tem que ser disponibilizado para sua diluição ou autodepuração.

Esse cenário propicia a competição entre os diversos usos e a negociação entre os setores usuários que compõe o Comitê de Bacia deve estabelecer as prioridades em função dos objetivos propostos para a qualidade da água. Ressalta-se que quanto maior o volume de água outorgado utilizado para a diluição, maiores os valores a serem despendidos com a cobrança.

3.4.3 Cobrança pelo Uso de Água

A cobrança pelo uso de recursos hídricos tem como objetivo reconhecer a água como bem econômico e dar ao usuário uma indicação de seu real valor. O valor da água é uma função da quantidade e da qualidade existente e do uso a que se destina. Tem por objetivo incentivar a racionalização do uso da água, bem como obter recursos financeiros para o financiamento dos programas e intervenções contemplados nos Planos de Bacia. A Lei prevê que esses recursos sejam aplicados prioritariamente na bacia hidrográfica em que forem gerados (artigo 22, caput, da Lei nº 9.433/1997).

A cobrança se dá sobre os usos outorgáveis e compete aos Comitês de Bacia estabelecer os mecanismos da cobrança pelo uso de recursos hídricos e sugerir os valores a serem cobrados. Também é explicitada a competência dos Comitês em propor aos Conselhos Estaduais e ao Conselho Nacional os usos de pouca expressão, a serem isentos de outorga e, conseqüentemente da cobrança. Assim, pressupõe-se um amplo processo de negociação para a implantação da cobrança, que terá nos Comitês de Bacia seu principal ambiente.

Como a referida Lei prevê a cobrança sobre os usos outorgáveis, assim o lançamento de efluentes nos corpos hídricos será objeto de cobrança e deverá ser um fator motivador para a redução da poluição lançada. Os processos de tratamento deverão ser revistos de forma a aumentar sua eficiência, pois quanto maior a eficiência do tratamento, menor será a carga poluidora lançada e menores serão os valores gastos com a cobrança pelos usos da água.

Os valores para a cobrança, tanto para captação como para lançamento, devem ser definidos como base nos volumes utilizados. Para PORTO (2002), este sistema facilita a gestão da bacia na medida em que o balanço disponibilidade – demanda pode ser feito diretamente, tornando o processo transparente e possibilitando a negociação entre os usuários. Se forem adotados critérios como a carga orgânica para a cobrança pelo lançamento, como Kg DBO/dia, isso pode facilitar o estabelecimento do preço, mas dificulta na negociação quando envolve vários usuários de interesses diversos sobre os recursos hídricos.

O processo de implementação da cobrança passa por vários obstáculos técnicos e institucionais e configura-se como um desafio para o Comitê de Bacia implantá-lo de forma mais simples possível para obtenção de êxito.

Neste contexto, para setor de saneamento, a cobrança pelo uso de recursos hídricos pode ser interpretada como mais um encargo financeiro que poderá impactar sobre o equilíbrio financeiro das empresas e aumento de tarifas. Entretanto, esse entendimento deverá ser superado e exigirá dos serviços de saneamento a disposição para articulações como grande usuário de recursos hídricos, participando na resolução de conflitos, sendo um elo importante para consolidar a visão da bacia hidrográfica como unidade de planejamento e de sua proteção ambiental.

3.5 A IMPORTÂNCIA CONCEITUAL DA INTEGRAÇÃO DA GESTÃO DO SANEAMENTO E DA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NO CASO DA BACIA DO ALTO IGUAÇU

A bacia do Alto Iguaçu configura-se como a bacia hidrográfica mais importante do Estado do Paraná. Sua importância é atribuída à concentração populacional em relação à região metropolitana e por se tratar de região urbana assentada em áreas de mananciais. É uma bacia complexa com grandes problemas de poluição, conforme demonstra a matriz de fontes de poluição (PORTO et al., 2006), provenientes principalmente de lançamento de carga orgânica. Sua caracterização bem como a situação do abastecimento de água e esgotamento sanitário é apresentada de forma resumida no apêndice 1. Neste resumo, são apresentados os possíveis cenários de disponibilidade hídrica futura para abastecimento público, bem como a quantificação de carga orgânica que é tratada nas ETEs existentes e a carga remanescente lançada nos corpos de água.

Pode-se constatar que, apesar de elevado índice de tratamento de esgoto em Curitiba e Região Metropolitana, a ampliação dos níveis de coleta representa um desafio a ser enfrentado, situação similar aos grandes centros urbanos do país.

Sendo assim, implantações de obras de saneamento representam as principais e mais eficazes medidas de despoluição hídrica para a recuperação da qualidade da água na bacia.

Neste contexto, o trabalho em referência é o primeiro que traz uma abordagem conjunta sobre a proposta de metodologia para enquadramento de corpos de água e a gestão do saneamento, focando a importância da matriz de fontes de poluição, monitoramento da qualidade da água, identificação de vazões críticas e simulação de modelos matemáticos para avaliar a eficácia das medidas de despoluição.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

O desenvolvimento desta pesquisa está embasado nos estudos que apontaram uma metodologia utilizada no Projeto “Bacias Críticas: Bases Técnicas para a definição de Metas Progressivas para seu Enquadramento e a Integração com os demais Instrumentos de Gestão”, desenvolvido em parceria entre UFPR e USP, com início em Abril de 2005 (PORTO et al., 2006). Este projeto prevê o desenvolvimento de metodologias que permitam aos Comitês de Bacias o estabelecimento das metas progressivas para despoluição e efetivação do plano de enquadramento, trabalhando seus aspectos conceituais, institucionais e técnicos, aplicados na Bacia do Alto Iguaçu.

4.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo para a realização desta pesquisa compreende as bacias hidrográficas do rio Palmital e do rio Pianduva, afluentes do rio Iguaçu. O critério utilizado para a escolha dessas áreas se deu em função da possibilidade de avaliar diferentes graus de poluição em termos de lançamento de DBO, sendo o Palmital com maior grau de poluição e localizado em área de manancial de abastecimento e o Pianduva com menor grau de poluição e localizado fora da área de manancial.

O rio Palmital é afluente da margem direita do rio Iguaçu, com 21 km de extensão. Sua bacia de drenagem corresponde a uma área de 95,27 km² e compreende os municípios de Colombo e Pinhais, possuindo uma população total de 184.345 habitantes. Atualmente, uma parte do esgoto coletado na bacia do rio Palmital é tratada na ETE Guaraituba que apresenta capacidade de 162 L/s e outra parte é conduzida para a ETE Atuba Sul, através do interceptor Palmital, que faz o lançamento de seus efluentes no interceptor Iraí. Está previsto pelo programa Paranasan a desativação desta ETE a partir de 2009, e o direcionamento do esgoto para a ETE Atuba Sul. A área das nascentes do rio palmital, até o km 7 aproximadamente, está contemplada no Decreto Estadual nº 6390/06 que define áreas de interesse para mananciais atuais e futuros da RMC.

O rio Pianduva é afluente da margem esquerda do rio Iguaçu com aproximadamente 14 km de extensão. Sua bacia de drenagem corresponde a uma área de 30,80 km² e compreende os municípios de Contenda e Araucária, com população de 715 habitantes. Não possui nenhuma ETE instalada na bacia e não existe restrição legal indicando como possível área de manancial de abastecimento.

Na tabela 2 estão apresentados os dados referentes a população com coleta e tratamento de esgotos domésticos nas bacias dos rios Palmital e Pianduva.

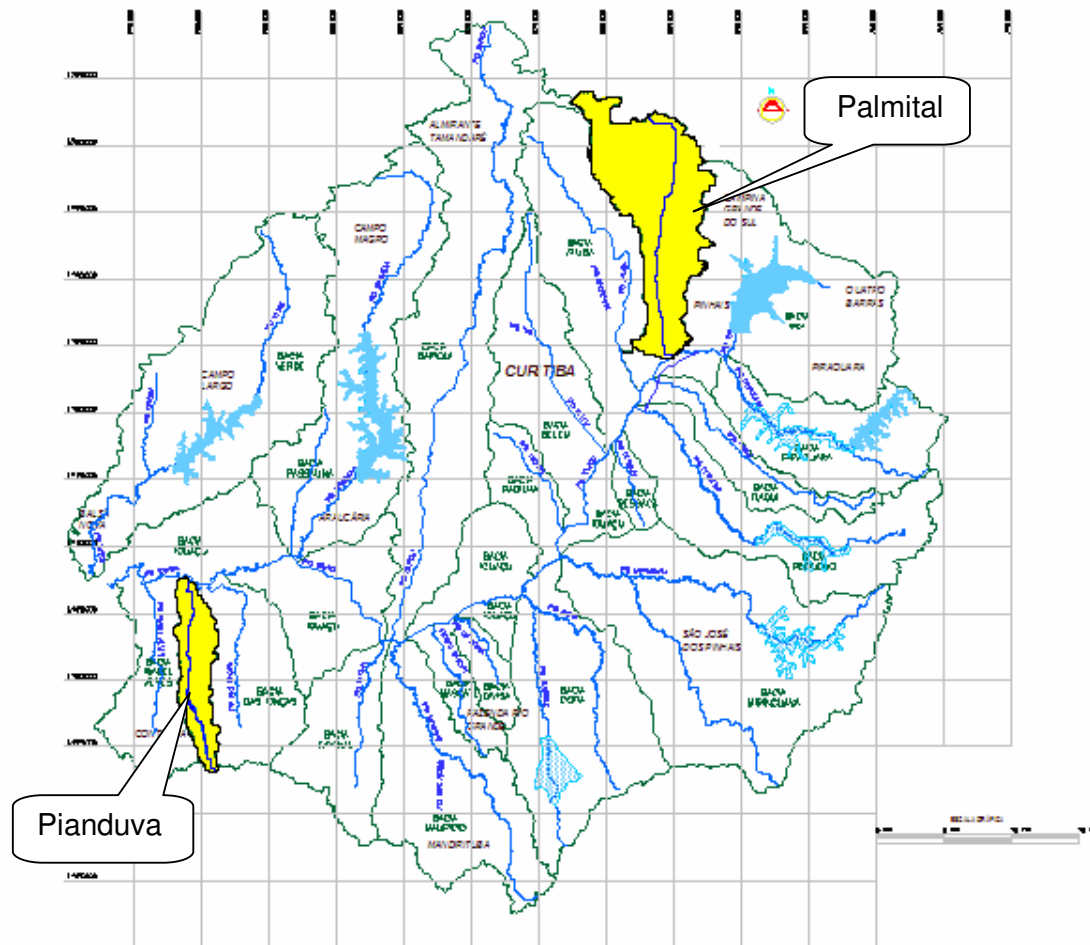
TABELA 2 - POPULAÇÃO ATENDIDA COM COLETA E TRATAMENTO DE ESGOTO NA BACIA DO PALMITAL E DO PIANDUVA

| BACIA | POPULAÇÃO TOTAL | % POPULAÇÃO ATENDIDA | | | % POPULAÇÃO SEM ATENDIMENTO |
|----------|-----------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------|-----------------------------|
| | | COM COLETA E SEM TRATAMENTO | COM COLETA E COM TRATAMENTO | TOTAL (COM COLETA) | |
| PALMITAL | 184.345 | 1 | 20 | 21 | 79 |
| PIANDUVA | 715 | 0 | 0 | 0 | 100 |

Observa-se que a bacia do Palmital é altamente urbanizada, possuindo baixo percentual de coleta e tratamento de esgotos e a bacia do Pianduva possui baixa densidade populacional e nenhuma rede coletora instalada.

A figura 2 destaca as bacias hidrográficas do rio Palmital e do rio Pianduva no contexto da bacia do Alto Iguaçu e no anexo 3 encontram-se um resumo das informações, bem como os mapas das bacias.

FIGURA 2 - BACIAS HIDROGRÁFICAS DO RIO PALMITAL E RIO PIANDUVA NO CONTEXTO DA BACIA DO ALTO IGUAÇU



FONTE: ADAPTADO DE PORTO et al. (2006)

4.2 METODOLOGIA PROPOSTA PARA ENQUADRAMENTO DAS BACIAS DO RIO PALMITAL E PIANDUVA

Embora conceitualmente o instrumento do enquadramento esteja associado ao planejamento a ser consolidado pelos Comitês de Bacias Hidrográficas, a necessidade de base técnica que subsidie este processo de construção de consenso visando uma estratégia sensata para a efetivação do enquadramento faz-se necessária. A figura 3 relaciona as principais etapas que deverão compor o

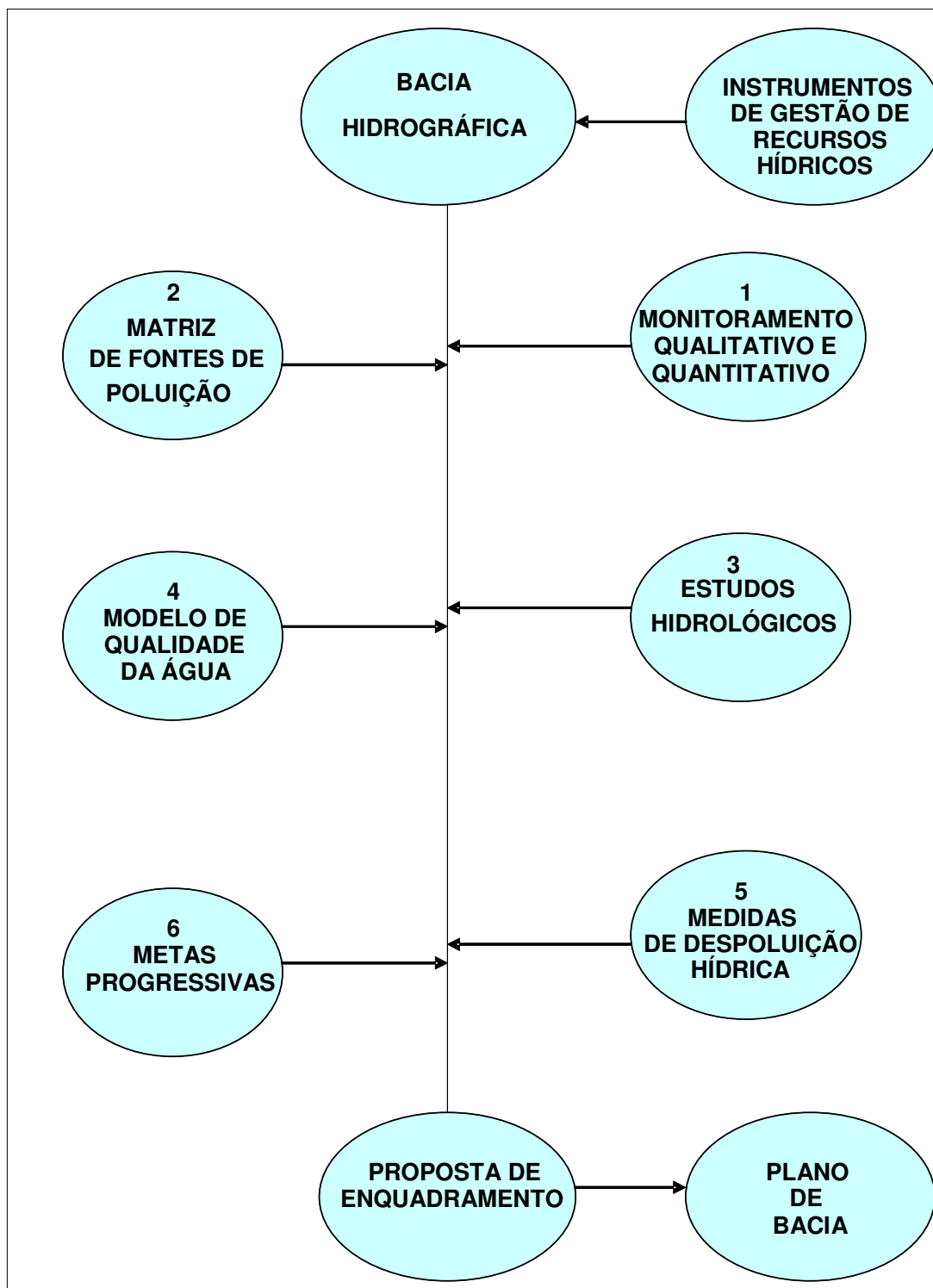
processo de enquadramento de corpos de água, qualquer que seja a estratégia a ser adotada. Estas ferramentas estão inseridas dentro de um contexto construtivo que culmina com o plano de bacias hidrográficas, com o claro objetivo de se constituir metas para a garantia da melhoria da qualidade da água e sua importância no processo de escalonamento de investimentos. As principais etapas que deverão ser contempladas na proposta de enquadramento e indicadas na figura 3 são: monitoramento, matriz de fontes de poluição, estudos hidrológicos, modelo de qualidade da água, medidas de despoluição hídrica e metas progressivas.

A atividade de monitoramento deve sempre relacionar os dados de qualidade e quantidade, ou seja, deve permitir análise conjunta de remoção de carga e vazão de referência. A matriz de fontes de poluição demonstra os usos e usuários presentes na bacia, apontando o diagnóstico da situação atual e permitindo a organização de dados nas simulações da qualidade da água. Os estudos hidrológicos são fundamentais para uma boa gestão de recursos hídricos e na avaliação dos riscos de não atendimento às metas estabelecidas para a qualidade da água. O modelo de qualidade da água representa as diversas formas de interações e reações que podem ocorrer no meio físico, permitindo conhecer a capacidade de autodepuração do corpo hídrico. Para esta pesquisa, foi adotado o modelo de qualidade QUAL2E, amplamente utilizado para a simulação da qualidade da água devido à facilidade de acesso e manuseio e atender de maneira satisfatória aos objetivos desta pesquisa.

As medidas de despoluição são apresentadas através dos cenários de despoluição que estabelecem metas progressivas para a efetivação do enquadramento. Estas medidas são simuladas no modelo QUAL2E com o objetivo de comparar a evolução da qualidade da água em relação ao Diagnóstico ou situação atual. Para todas as medidas simuladas, foram estimados os custos de investimentos totais e intermediários, no horizonte temporal de 20 anos, para implantação de sistemas de tratamento de esgotos na bacia, caracterizando-se em metas progressivas.

São detalhadas a seguir cada uma das etapas contidas na figura 3 de modo a subsidiar a avaliação dos resultados e atendimento aos objetivos do estudo.

FIGURA 3 - ETAPAS ESSENCIAIS PARA EFETIVAÇÃO DO ENQUADRAMENTO



4.3 MONITORAMENTO QUALITATIVO E QUANTITATIVO

A atividade de monitoramento em uma bacia hidrográfica é fundamental para atualização e confiabilidade dos dados relacionados à qualidade e quantidade da água, bem como na formação de base de informações que permitam uma adequada gestão de recursos hídricos e seu processo de enquadramento.

Durante a realização do Projeto Enquadramento (PORTO et al., 2006), foi desenvolvido atividades de monitoramento que permitiram a construção de um banco de dados que avaliasse conjuntamente aspectos de qualidade e quantidade, ou seja, dados de concentrações de DBO e OD, associados aos dados de vazões. O monitoramento dos parâmetros de qualidade e quantidade da água deve ser efetuado de forma contínua e periódica.

Foram estabelecidos inicialmente 5 pontos de monitoramento ao longo dos 86 km do rio Iguaçu e dois pontos de leitura de nível nos afluentes Iraí e Piraquara. No decorrer das campanhas, foi selecionado mais um ponto de monitoramento, localizado a jusante do ponto nº 5. Os pontos de monitoramento selecionados são apresentados na Tabela 3.

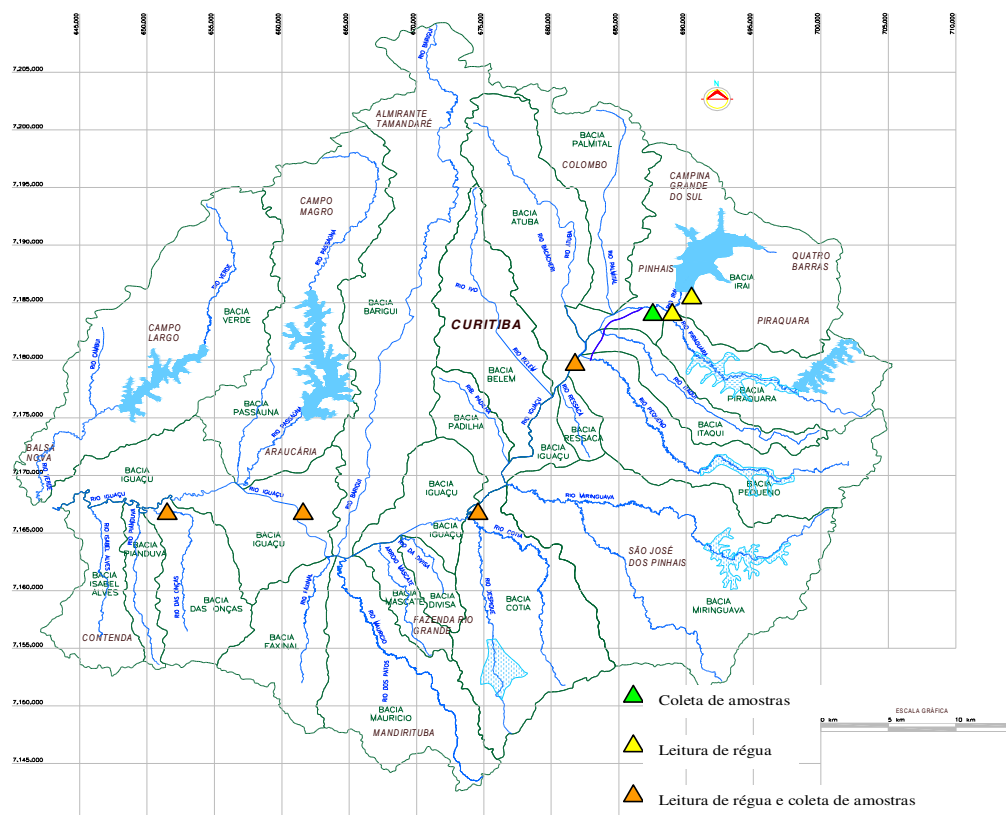
TABELA 3 - INDICAÇÃO DOS PONTOS DE MONITORAMENTO

| Nº | Tipo | Identificação | Localização |
|----|---------------|-------------------------------|---------------|
| - | Leitura Nível | Estação Olaria | Rio Iraí |
| - | Leitura Nível | Estação PR 415 | Rio Piraquara |
| 1 | Monitoramento | Início do Canal de Água Limpa | Rio Iraí |
| 2 | Monitoramento | Estação Ponte BR 277 | Rio Iguaçu |
| 3 | Monitoramento | Estação Ponte do Umbarazinho | Rio Iguaçu |
| 4 | Monitoramento | ETE Cachoeira | Rio Iguaçu |
| 5 | Monitoramento | Estação Ponte do Guajuvira | Rio Iguaçu |
| 6 | Monitoramento | Estação Balsa Nova | Rio Iguaçu |

FONTE: PORTO et al. (2006)

A figura 4 apresenta a localização geográfica dos pontos de monitoramento na bacia do Alto Iguaçu.

FIGURA 4 – LOCAIS DEFINIDOS PARA MONITORAMENTO NA BACIA DO ALTO IGUAÇU



FONTE: ADAPTADO DE PORTO et al. (2006)

Os pontos de monitoramento foram escolhidos baseados nos seguintes critérios: existência de estação fluviométrica (telemetria e/ou régua de nível), fácil acesso para coleta do material (proximidade de estradas, pontes) e distância entre pontos consecutivos (em média 20 km, para cobrir toda a área de estudo). Através das campanhas foram avaliados parâmetros como DBO, OD, formas de fósforo, formas de nitrogênio, sedimentos, entre outros dados avaliados.

Foram realizadas 20 campanhas de campo, tendo sido iniciadas em junho de 2005 e encerradas em julho de 2006, com periodicidade a cada 15 dias. Também foram realizadas campanhas especiais de reconhecimento, uma para os cinco primeiros pontos de monitoramento, e uma segunda campanha de reconhecimento para a escolha do sexto ponto de monitoramento.

4.4 MATRIZ DE FONTES DE POLUIÇÃO

A elaboração da matriz de fontes de poluição tem por finalidade demonstrar o diagnóstico realizado na bacia considerando vários dados ou informações da área de estudo. É um importante instrumento que permite demonstrar a situação atual da bacia, visualizar os dados e o mais importante que é a uniformização para a entrada de modelos matemáticos, permitindo a simulação de vários cenários de acordo com as metas propostas.

As matrizes de fontes de poluição dos rios Palmital e Pianduva foram obtidas através dos dados estabelecidos no Projeto Iguaçu (FERNANDES et al., 2003), baseados nas informações do Plano de Despoluição Hídrica da Bacia do Alto Iguaçu (SUDERHSA, 2000), atualizadas e adequadas às simplificações do modelo QUAL2E pelo Projeto “Bacias Críticas: Bases Técnicas para a definição de Metas Progressivas para seu Enquadramento e a Integração com os demais Instrumentos de Gestão”. O anexo 1 apresenta a matriz utilizada no Projeto Iguaçu e Projeto Enquadramento e o anexo 2 as matrizes dos rios Palmital e Pianduva. Para a delimitação das áreas de estudo que compõem as matrizes, foi definido o diagrama topológico baseado no Plano de Despoluição Hídrica (SUDERHSA, 2000) e no Projeto Experimental para Análise de Outorgas (SUDERHSA, 2003).

O diagrama topológico do rio Iguaçu é composto por 26 afluentes principais e um trecho de aproximadamente 86 km do rio Iguaçu. Assim o diagrama ficou caracterizado pelos seguintes rios: Iraízinho, Piraquara, Palmital, Itaquí, Irai, Atuba, Pequeno, Ressaca, Belém, Padilha, Miringuava Mirim, Miringuava, Despique, Cotia, Divisa, Mascate, Maurício, Barigui, Faxinal, Passaúna, Das Onças/Guajuvirá, Pianduva, Isabel Alves, Verde, Turvo e Iguaçu.

Com a definição do diagrama topológico, iniciou-se a elaboração da matriz de fontes de poluição a qual está agrupada em quatro blocos. O primeiro bloco corresponde aos dados característicos da bacia, o segundo representa as vazões, o terceiro corresponde às cargas e o último bloco corresponde aos dados de entrada no modelo de qualidade da água.

O primeiro bloco compreende basicamente os seguintes dados: extensão do rio, área de drenagem da bacia, dados hidráulicos como declividade longitudinal, declividade dos taludes às margens esquerda e direita, largura da base do canal,

coeficiente de Manning, área e população da bacia, tramos e elementos computacionais, entre outros dados. O segundo bloco corresponde aos dados de vazões que foram baseadas no Plano de Despoluição Hídrica da Bacia do Alto Iguaçu (SUDERHSA, 2000) e este baseado no Projeto HG-77 – Regionalização de vazões em pequenas bacias hidrográficas no Estado do Paraná (KAVISKI, 1995). Os cenários de vazões foram modificados pelo Projeto Bacias Críticas: bases Técnicas para a definição de metas Progressivas para seu Enquadramento e a Integração com os demais Instrumentos de Gestão. O terceiro bloco contempla dados de cargas que foram divididas em domésticas, industriais e difusas, sendo estas identificadas quanto a sua origem, vazão do efluente, carga de DBO, eficiência de tratamento de remoção de carga orgânica, entre outros. O último bloco apresenta um resumo das seções anteriores e agrupadas de tal forma que permite adaptação para a entrada do modelo da qualidade da água utilizada no estudo. Nesse grupo as cargas estão transformadas em concentrações de DBO, distinção entre as vazões incrementais e fonte pontual e difusa.

Para a elaboração da matriz de fontes de poluição, cada bacia hidrográfica foi dividida em tramos que apresentam semelhantes características físicas ao longo de sua extensão e correspondem às áreas de contribuições identificadas no Plano de Despoluição Hídrica (SUDERHSA, 2000).

Tanto a matriz de fontes de poluição como as considerações por tramo foram adaptadas para formar o banco de dados para o modelo da qualidade da água, QUAL2E, utilizado no Projeto Enquadramento (PORTO et al., 2006).

4.5 ESTUDOS HIDROLÓGICOS

Uma base de dados com informações hidrológicas associadas aos parâmetros de qualidade possibilita prever a disponibilidade para o atendimento às demandas dos usuários da bacia e se constitui numa ferramenta fundamental para a proposição de enquadramento.

Na bacia do Alto Iguaçu, com a finalidade de entender a relação entre as concentrações de poluentes e as vazões dos corpos hídricos compreendidos na bacia, foram desenvolvidos vários estudos para consolidar a base de dados

hidrológicos existentes. Os estudos compreenderam a consolidação da base de dados hidrológicos, definição de pontos de controle, desenvolvimento do modelo de regionalização hidrológico, verificação da dependência entre concentração e vazão, entre outros. O desenvolvimento de modelo de regionalização hidrológica teve por objetivo a apresentação das curvas de permanência calculadas pelo modelo de regionalização e desagregação de vazões, a definição de uma curva de permanência única com vazões específicas aplicável para toda a bacia hidrográfica do Alto Iguaçu e a comparação entre as curvas de permanência obtidas pela curva de vazões específicas com o modelo HG-171 (PORTO et al., 2006). Este estudo foi motivado pelo fato de que o método de regionalização de curvas de permanência adotados nos Projeto HG-52 (SANT'ANA, 1989 e KAVISKI, 1986), HG-77 (KAVISKI et al., 1995) e HG-171 (KAVISKI et al., 2002), utilizam dados fluviométricos de bacias que variam de 53 a 5622 km².

Foram realizados estudos com objetivo de avaliar o risco em utilizar o modelo HG-171 em bacias de pequenas dimensões que culminaram no desenvolvimento de um modelo de regionalização local com preenchimento de falhas e extensão das séries através de regressão linear múltipla e desagregação destas em séries diárias. A partir das séries diárias foram determinadas as curvas de permanência para os pontos de monitoramento P1, P2, P3, P4, P5 e P6, apresentadas na tabela 3. Para obter a curva específica de cada ponto, dividem-se as vazões da curva de permanência pela respectiva área de drenagem. A partir dessas seis curvas de permanência foi determinada uma curva única de vazões específicas médias para a bacia hidrográfica do Alto Iguaçu.

Nas simulações do rio Palmital e do Pianduva, a vazão incremental de entrada no modelo foi estimada através do coeficiente de vazão específica e pelas respectivas áreas de drenagem de cada bacia (tramos).

A curva de permanência representa para várias vazões de referência qual a percentagem do tempo que esta será igualada ou superada. Uma curva de permanência é obtida através da avaliação das séries históricas dos dados observados de vazões diárias. Esta série é então ordenada de forma decrescente com os primeiros valores tidos com menor tempo de permanência e os maiores valores com maiores tempos.

A obtenção da curva de permanência é de suma importância para o processo de gestão de recursos hídricos, pois é a base para o processo de outorga, cobrança e enquadramento de corpos de água.

4.6 MODELO DE QUALIDADE DA ÁGUA – QUAL2E

A simulação da qualidade da água deve ser entendida como uma importante etapa para o apoio ao processo de tomada de decisões, em especial na implementação dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos. Nesse contexto, um modelo matemático de qualidade da água é uma ferramenta metodológica básica, pois permite identificar o comportamento atual da dinâmica de diferentes constituintes no corpo hídrico, bem como avaliar os diferentes impactos em termos de melhoria da qualidade ambiental.

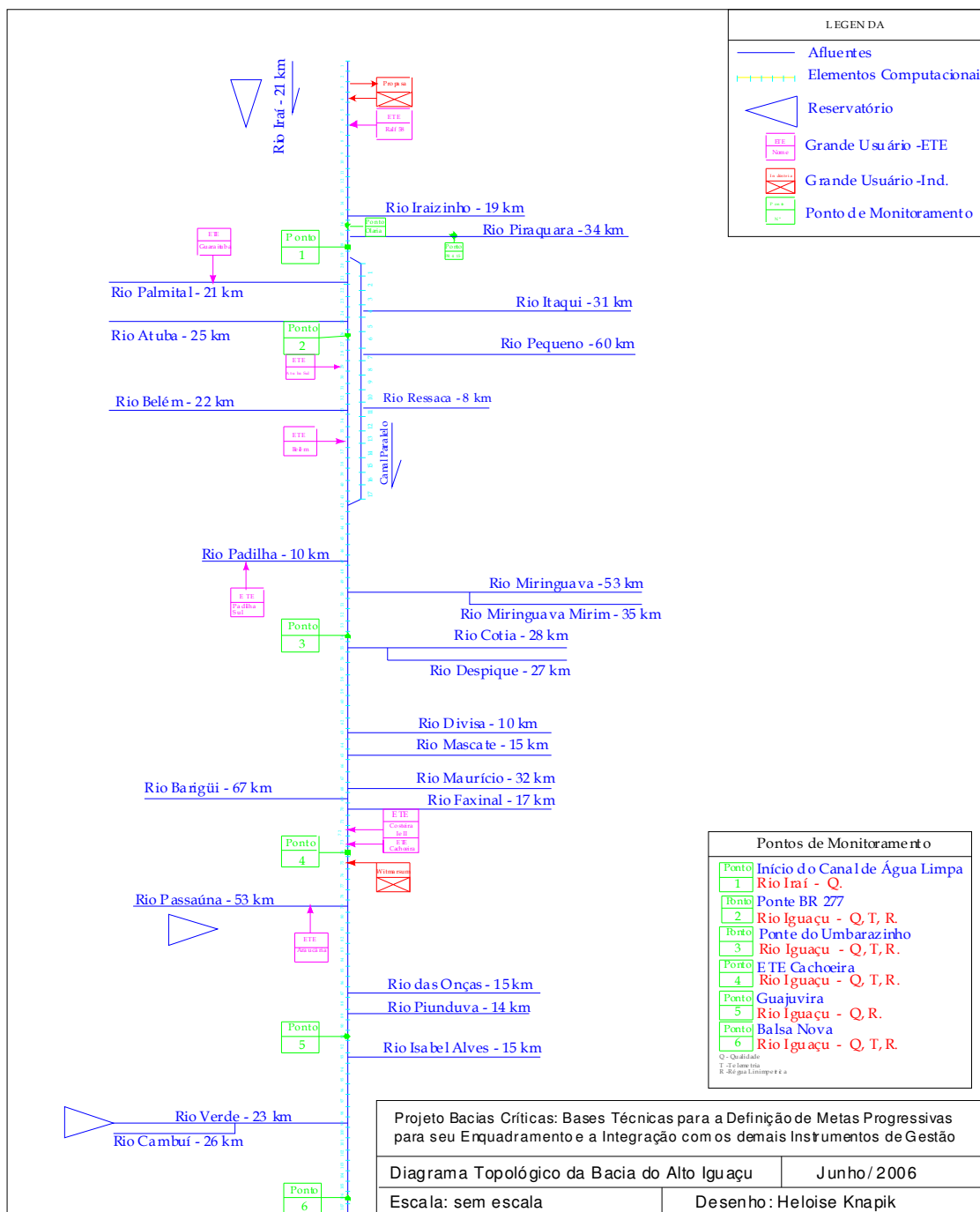
O modelo matemático utilizado no estudo do projeto foi o QUAL2E (Stream Water Quality Model), desenvolvido por Brown e Barnwell em 1987, capaz de simular um número grande de constituintes de qualidade da água, considerando que estão completamente misturados ao escoamento, usando o método das diferenças finitas para solução da equação unidimensional do transporte (advecção e dispersão) e de reação dos constituintes. Esse modelo foi escolhido para o desenvolvimento desta pesquisa por ser amplamente utilizado no Brasil e por já ter sido anteriormente utilizado de forma satisfatória em simulações na Bacia do Alto Iguaçu, conforme BIZZONI (2000), BÄUMLE (2005) e PORTO et al. (2006). Na elaboração do Projeto Enquadramento, os dados levantados foram organizados de tal forma a atender as especificações do modelo e facilitar as simulações. A organização dos dados foi realizada através de matrizes de fontes de poluição, desenvolvidas em Excel na formatação adequada para a entrada dos dados no modelo QUAL2E (anexo 2).

4.6.1 Discretização Espacial

Seguindo as diretrizes do Projeto Enquadramento, a discretização espacial para a simulação do QUAL2E foi realizada com base na área de cada bacia, com subdivisão de áreas incrementais. Os dados de declividades dos taludes esquerdo, direito e longitudinal, vazão incremental e poluição difusa têm como referência essas áreas incrementais, que formam os trechos ou tramos do modelo. Os tramos foram divididos em elementos computacionais de 1 km de extensão cada, dependendo da extensão de cada área incremental.

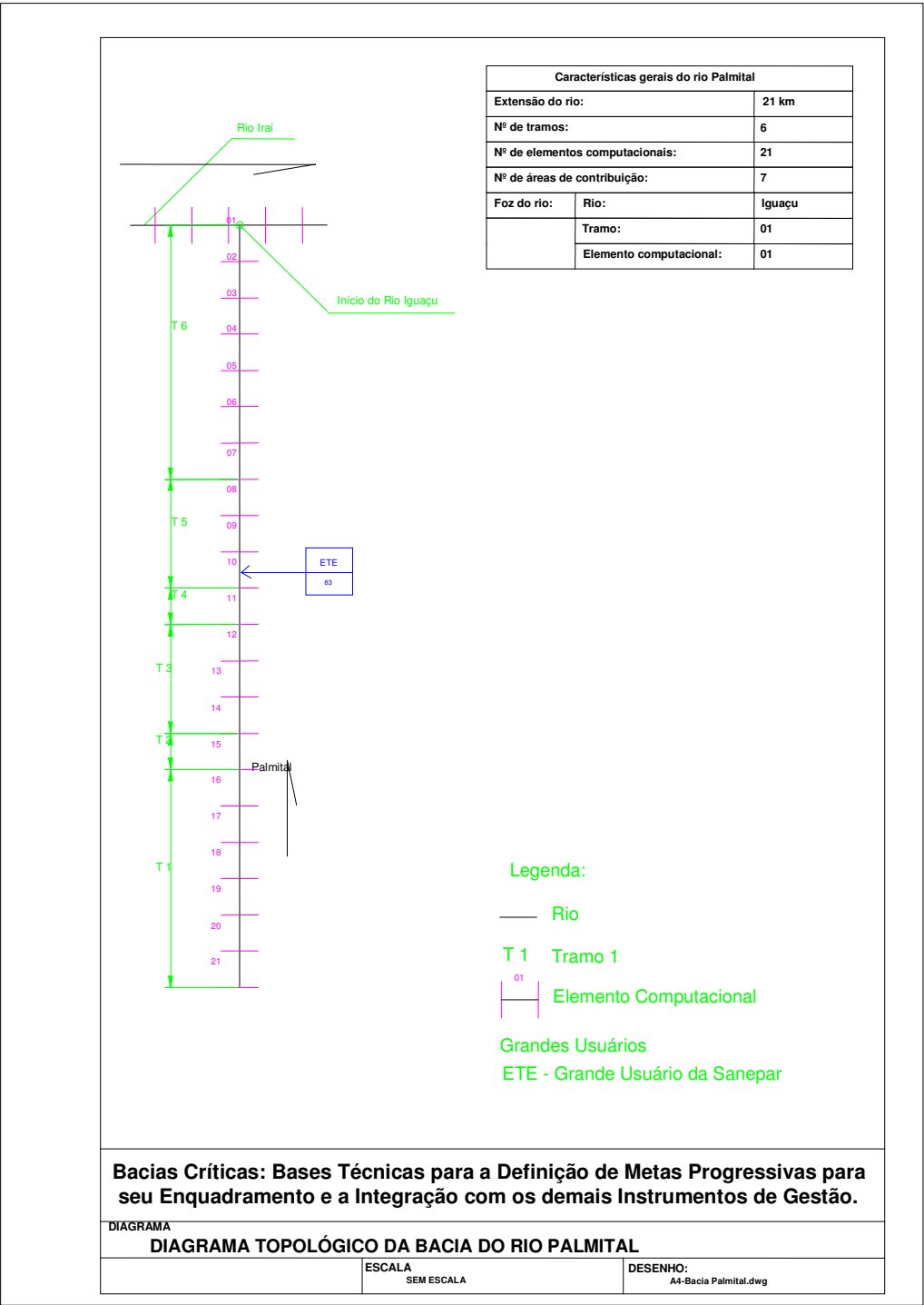
Para cada rio simulado, foram organizados diagramas topológicos, com discretização a cada quilômetro, com localização de grandes usuários, ou seja, lançamento de efluentes industriais ou de Estações de Tratamento de Esgotos, captações industriais ou presença de tributários. Nos diagramas também estão representadas a extensão total de cada rio, o sentido de escoamento, o corpo receptor e os respectivos tramos e elementos computacionais da foz de cada afluente no rio principal. O diagrama topológico para o rio Iguaçu, da nascente do rio Iraí até a foz do rio Verde, bem como o diagrama do Palmital e do Pianduva são apresentados nas Figuras 6, 7 e 8, respectivamente.

FIGURA 5 - DIAGRAMA TOPOLÓGICO DA BACIA DO ALTO IGUAÇU, COM LOCALIZAÇÃO DOS PRINCIPAIS AFLUENTES E DOS PONTOS DE MONITORAMENTO



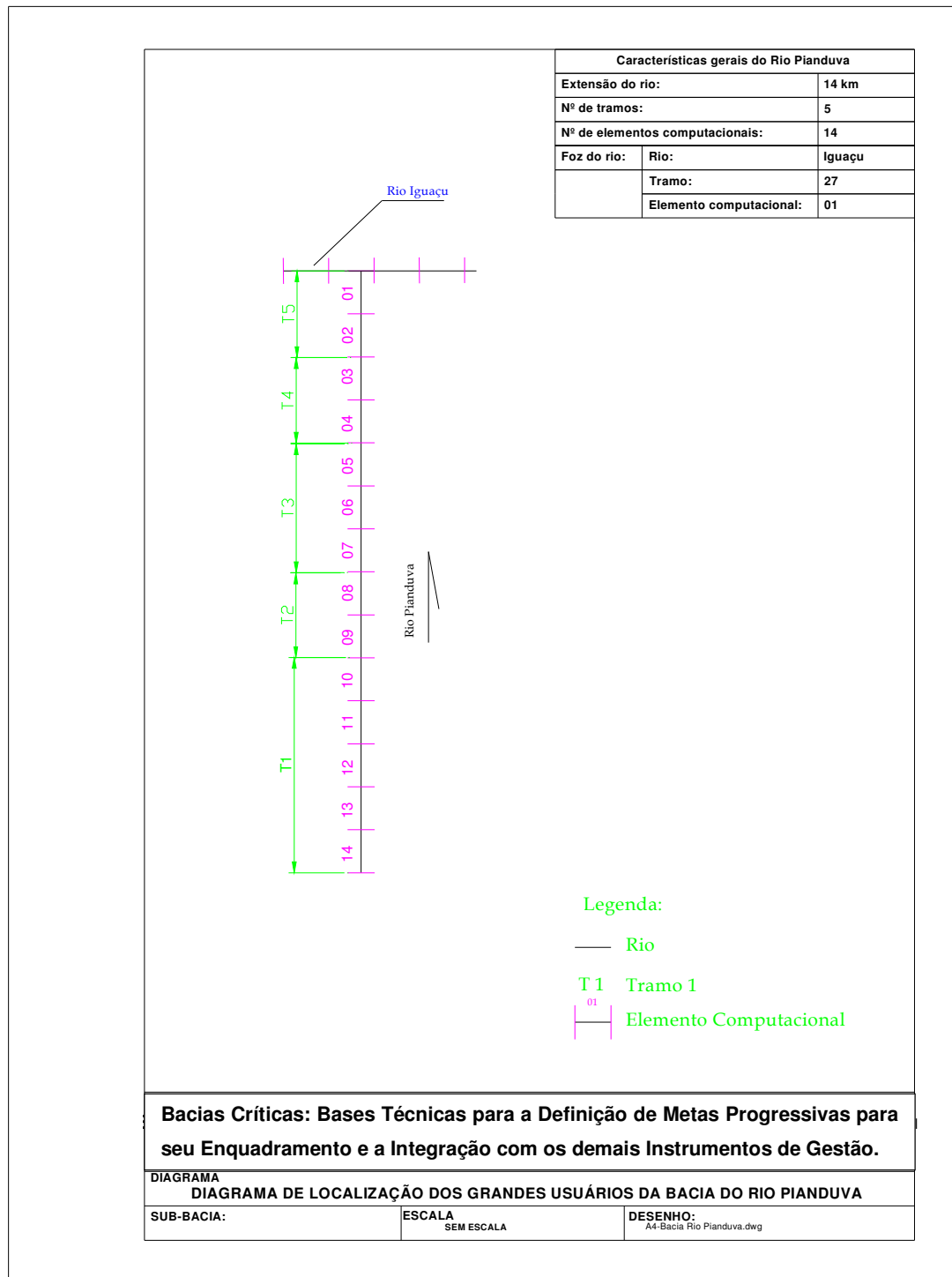
FONTE: PORTO et al. (2006)

FIGURA 6 - DIAGRAMA TOPOLÓGICO DA BACIA DO RIO PALMITAL



FONTE: PORTO et al. (2006)

FIGURA 7 - DIAGRAMA TOPOLÓGICO DA BACIA DO RIO PIANDUVA



FONTE: PORTO et al. (2006)

4.6.2 Simulação da Qualidade da Água no Modelo QUAL2E

Os dados de entrada do modelo para as condições iniciais de simulação de OD e DBO, para todos os afluentes do rio Iguaçu, incluindo Palmital e Pianduva, foram adotados segundo PORTO et al. (2006), que levou em consideração condições mais favoráveis de oxigênio dissolvido e demanda bioquímica de oxigênio: 8 mg/L de OD e 2 mg/L de DBO. A temperatura considerada foi de 20°C.

Os dados de cabeceira dos rios Palmital e Pianduva foram considerados os mesmos utilizados no Projeto Experimental para Análise de Outorgas – (SUDERHSA, 2003) e são os seguintes: Vazão: 0,00001 m³/s; T: 20°C; OD: 8 mg/L; DBO: 2mg/L.

Os dados de vazões de captações e de lançamentos de efluentes, bem como as concentrações de DBO são obtidos com base na matriz de fontes de poluição desenvolvida para o rio Iguaçu e seus afluentes, conforme o Projeto Enquadramento, cujas matrizes encontram-se no anexo 2.

4.6.3 Calibração do modelo QUAL2E

Foi utilizado o modelo calibrado no Projeto Enquadramento (PORTO et al., 2006) para as variáveis de OD e DBO para a Bacia do Alto Iguaçu. A metodologia de calibração utilizada consistiu em comparar as curvas simuladas de vazão, DBO e OD com os dados de campo, sendo estes organizados em estruturas tipo *Box plots*, obtidos com análise estatística dos mesmos. A calibração dos parâmetros foi realizada em duas etapas, para os trechos dos rios Iraí e Iguaçu. Primeiramente foram calibrados os parâmetros relativos ao balanço de massa da DBO, ou seja, os parâmetros K_1 (desoxigenação) e K_3 (sedimentação). Após ter obtido melhor ajuste aos dados de monitoramento, foram calibrados os parâmetros relativos ao equacionamento do OD, os parâmetros K_2 (reaeração) e K_4 (demanda de oxigênio pelo sedimento), (KNAPIK, 2006).

O diagrama tipo *Box plots*, utilizado na calibração, é uma representação gráfica que descreve simultaneamente várias características importantes de um

conjunto de dados, tais como centro, dispersão, desvio da simetria e identificação de valores extremos. São representados, verticalmente ou horizontalmente, no diagrama: valores de mínimo e máximo, primeiro e terceiro quartis, mediana (2º quartil) e valores extremos (outliers). O objetivo desses diagramas é o de estipular limites de aceitação entre a curva simulada e os dados medidos em campo, dentro do intervalo interquartil, com valores ótimos próximos à mediana. O anexo 4 apresenta a calibração através de duas curvas para DBO e OD nos limites de aceitação de 25 a 75% dos Box plots.

Os principais coeficientes adotados como parâmetros de calibração, em conjunto ou comparando com os dados de campo, estão descritos abaixo:

K_1 - Coeficiente de Decaimento de DBO – é a taxa de desoxigenação de DBO carbonácea, que segundo VON SPERLING (2005), para um esgoto de concentração média ou água típica poluída costuma-se usar o valor de $0,10 \text{ dia}^{-1}$ (para 20°C). Na pesquisa em referência foi utilizado o valor de $0,10 \text{ dia}^{-1}$.

K_2 - Coeficiente de reaeração – relacionado com a capacidade de reaeração do próprio sistema em função do processo de advecção e difusão, das fontes externas e da perda de oxigênio. O K_2 depende de: temperatura, mistura interna, vento induzindo a mistura, cachoeiras, represas, correntezas e filmes de superfície. Tem maior influência nos resultados do balanço de oxigênio dissolvido do que o coeficiente de oxigênio K_1 , pois as faixas de valores possíveis de K_1 são mais estreitas. Seus valores podem ser: valores médios tabelados, valores em função da característica hidráulica do corpo de água e valores correlacionados com a vazão do curso de água. Os valores tabelados podem ser vários, dependendo dos autores. VON SPERLING (2005) tabela K_2 (20°C) e cursos de água mais rasos e velozes tendem a possuir um maior coeficiente de reaeração, pois possuem maior facilidade de mistura ao longo da profundidade e a criação de maiores turbulências na superfície. Na calibração realizada por PORTO et al. (2006), foram realizadas rotinas de cálculo para verificação das equações que se ajustavam ao perfil de velocidade, declividade e profundidade, no cenário de vazão $Q_{95\%}$. A equação que se enquadrou para todos os afluentes foi a de Thackston & Krenkell.

K_3 - Coeficiente de remoção de DBO - é a taxa de remoção de DBO devido ao processo de sedimentação, cujo valor adotado foi de $1,2 \text{ dia}^{-1}$.

K_4 - Demanda de oxigênio do sedimento - é o componente do balanço de oxigênio dissolvido de corpos de água naturais (assim como DBO, a reaeração, a fotossíntese, a respiração de plantas e animais). Como não houve uma campanha específica para determinação das características do sedimento, adotou-se o valor de $1,5 \text{ gO}_2/\text{m}^2\text{dia}$.

4.7 MEDIDAS DE DESPOLUIÇÃO HÍDRICA

As medidas de despoluição têm por objetivo a melhoria da qualidade da água na bacia e podem ser implementadas basicamente através de ações estruturais e não estruturais. Nesta pesquisa foram implementadas medidas estruturais de despoluição hídrica, com aumento do percentual de coleta, tratamento e eficiência dos processos de tratamento de esgoto. O impacto da implementação das medidas foi analisado através de simulações matemáticas, com o uso do modelo QUAL2E, utilizado também para o diagnóstico e prognóstico da qualidade da água nos rios pesquisados.

4.7.1 Proposta de Remoção de Cargas x Cenários

Optou-se por estabelecer medidas de despoluição hídrica tanto para a bacia do Palmital como para a bacia do Pianduva, contemplando apenas implantação de sistemas de tratamento de esgotos domésticos, ou seja, ações estruturais de rede coletora de esgotos, interceptores e Estações de Tratamento de Esgotos, visando principalmente à remoção de carga orgânica. Foram estabelecidos três conjuntos estratégicos para a proposição de medidas:

1. elevar o percentual da população que possui coleta de esgoto através de rede coletora de esgoto doméstico;
2. elevar o percentual da população que possui coleta e tratamento através da implantação de Estações de Tratamento de Esgotos;
3. elevar a eficiência dos processos de tratamento de esgotos implantados na bacia.

A combinação entre diferentes níveis de coleta, tratamento e eficiência dos sistemas de esgotamento sanitário formam um conjunto de medidas de despoluição hídrica a ser implementada na bacia. Estas medidas projetadas num horizonte temporal compõem os cenários propostos para essa pesquisa, denominados de cenário A, S1, S e IDEAL. O cenário A propõe medidas de despoluição hídrica através de aumento no índice de coleta e baixo índice de tratamento nos primeiros anos, elevando gradativamente até 2025. Os investimentos neste cenário são maiores em rede coletora de esgotos, partindo de níveis de 80% já em 2005 e chegando a 95% de coleta até 2025. O cenário S1 estabelece valores intermediários de intervenções na bacia para os primeiros anos, elevando a 100% o grau de coleta e tratamento para 2015 e 2025. Os investimentos iniciais são menores que o cenário anterior, porém, aumentando significativamente a partir de 2015. O cenário S é formado por um conjunto de medidas que privilegiam a coleta e tratamento de esgotos já nos primeiros anos. Apresenta elevado nível de coleta de esgoto em 2005 com 100% de tratamento, mantendo essa projeção até 2025. Neste caso, os investimentos são distribuídos em rede coletora de esgotos e estações de tratamento com média eficiência inicialmente, aumentando gradativamente até 2025. Configura-se como o cenário que tem a maior probabilidade de ocorrer, tendo em vista que a legislação ambiental prevê que todo esgoto coletado deverá ser tratado, sendo permitido o estabelecimento de metas progressivas para o aumento da eficiência das ETEs. O cenário IDEAL propõe níveis elevados de coleta, tratamento e eficiência das ETEs já em 2005, mantendo essa projeção até 2025. Pressupõe maiores investimentos que os cenários anteriores, tendo em vista que este cenário estabelece 100% de coleta e tratamento, com 95% de eficiência nos processos de tratamento.

As medidas de despoluição combinadas entre si ao longo do horizonte de projeto formam os cenários A, S1, S e IDEAL apresentados na tabela 4. Cada um dos cenários foi avaliado para a bacia do Palmital e bacia do Pianduva, configurando as possíveis medidas de despoluição hídrica que serão implantadas nestas bacias, visando a melhoria da qualidade da água e enquadramento conforme metas progressivas.

TABELA 4 - PROPOSIÇÃO DE MEDIDAS DE DESPOLUIÇÃO ATRAVÉS DE CENÁRIOS A, S1, S E IDEAL

| CENÁRIOS AVALIADOS | | | | | | | | | |
|--------------------------------|----------|--------------|--------------|----------|--------------|--------------|----------|--------------|--------------|
| BACIA HIDROGRÁFICA DO PALMITAL | | | | | | | | | |
| | ANO | | | | | | | | |
| | 2005 | | | 2015 | | | 2025 | | |
| | % coleta | % tratamento | % eficiência | % coleta | % tratamento | % eficiência | % coleta | % tratamento | % eficiência |
| DIAGNÓSTICO | 21 | 96 | 80 | 21 | 96 | 80 | 21 | 96 | 80 |
| A | 80 | 30 | 80 | 90 | 80 | 80 | 95 | 100 | 80 |
| S1 | 60 | 50 | 80 | 100 | 100 | 80 | 100 | 100 | 80 |
| S | 80 | 100 | 60 | 80 | 100 | 70 | 90 | 100 | 80 |
| IDEAL | 100 | 100 | 95 | 100 | 100 | 95 | 100 | 100 | 95 |

| BACIA HIDROGRÁFICA DO PIANDUVA | | | | | | | | | |
|--------------------------------|----------|--------------|--------------|----------|--------------|--------------|----------|--------------|--------------|
| CENÁRIOS | ANO | | | | | | | | |
| | 2005 | | | 2015 | | | 2025 | | |
| | % coleta | % tratamento | % eficiência | % coleta | % tratamento | % eficiência | % coleta | % tratamento | % eficiência |
| DIAGNÓSTICO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| A | 60 | 30 | 80 | 60 | 80 | 80 | 60 | 100 | 80 |
| S1 | 60 | 50 | 80 | 100 | 100 | 80 | 100 | 100 | 80 |
| S | 80 | 100 | 60 | 80 | 100 | 70 | 90 | 100 | 80 |
| IDEAL | 100 | 100 | 95 | 100 | 100 | 95 | 100 | 100 | 95 |

4.7.2 Execução de Medidas de Despoluição

As medidas de despoluição hídrica definidas pelos cenários A, S1, S e IDEAL foram aplicados em cada bacia através de matriz de fontes de poluição que foi adaptada para as simulações. Foi elaborada uma tabela em Excel que produzisse a carga remanescente de DBO resultante das medidas tomadas. As medidas foram aplicadas sobre o número de habitantes pertencente a cada tramo, como se existissem “mini-ETEs” em cada elemento computacional. A tabela de execução de medidas será apresentada em partes em função de ser extensa, possuindo 34 colunas. O exemplo apresentado é o da bacia do rio Palmital para o ano de 2005 com as medidas do Cenário A.

TABELA 5 - EXECUÇÃO DE MEDIDAS

| Blocos da Tabela de Medidas | | | | | | Descrição dos Blocos | |
|-----------------------------|-------------------|-----------------|----|--------------------------|----------------|----------------------|----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Bacia | Tramos | | | | | | |
| | Seção de Controle | Bloco | Nº | Elementos Computacionais | | Início (km) | Fim (km) |
| Palmital | PA1 | Grande Poluidor | 1 | 1 | H | 21 | 16 |
| | | | | 2 | P | | |
| | | | | 3 | P | | |
| | | | | 4 | P | | |
| | | | | 5 | P | | |
| | | | 2 | 1 | P | 16 | 15 |
| | | | | 1 | P | 15 | 12 |
| | | | 3 | 2 | P | | |
| | | | | 3 | P | | |
| | | | 4 | 1 | P | 12 | 11 |
| | | | 5 | 1 | ETE Guaraituba | 11 | 8 |
| | | | | 2 | P | | |
| | | | | 3 | P | | |
| | | | 6 | 1 | P | 8 | 0 |
| | | | | 2 | P | | |
| | | | | 3 | P | | |
| | | | | 4 | P | | |
| | | | | 5 | P | | |
| | | | | 6 | P | | |
| | | | | 7 | ETE Hipotética | | |
| | | | | 8 | E | | |
| TOTAL | | | | | | | |

Define a bacia, a qual bloco poluidor pertence, o número de tramos e elementos computacionais, além do tipo do elemento computacional (cabeceira, padrão, junção, fonte pontual, captação, final). Mostra também a extensão de cada tramo em quilômetros. Cada elemento computacional possui 1 km de extensão.

| 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
|------------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Dados de População para 2005 | | | | |
| Total | Sem coleta de Esgoto | Com coleta de esgoto | Com coleta e sem tratamento | Com coleta e com tratamento |
| 123 | 123 | 0 | 0 | 0 |
| 1.869 | 1.834 | 35 | 35 | 0 |
| 7.399 | 3.052 | 4.347 | 1.295 | 3.052 |
| 34.653 | 34.653 | 0 | 0 | 0 |
| 73.998 | 46.471 | 27.527 | 57 | 27.470 |
| 66.302 | 59.341 | 6.961 | 0 | 6.961 |
| 184.345 | 145.475 | 38.870 | 1.386 | 37.484 |

Mostra a população total que habita a área de drenagem do tramo e deste total quantos habitantes por tramo *têm* seu esgoto coletado e quantos *não têm*. A coluna 12 evidencia a parcela da população que tem rede coletora, porém sem tratamento. A coluna 13 é a diferença entre a população com coleta de esgoto e a população com coleta e sem tratamento de esgoto.

continua

continuação

| 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |
|----------------------------|----------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---|
| População com coleta (hab) | População sem coleta (hab) | População com tratamento (hab) | Vazão de esgoto tratado (L/s) | População sem tratamento (hab) | Vazão de esgoto NÃO TRATADO TOTAL (L/s) |
| 25 | 6 | 7 | 0,01 | 17 | 0,043 |
| 25 | 6 | 7 | 0,01 | 17 | 0,043 |
| 25 | 6 | 7 | 0,01 | 17 | 0,043 |
| 25 | 6 | 7 | 0,01 | 17 | 0,043 |
| 1502 | 367 | 451 | 0,83 | 1051 | 2,626 |
| 1245 | 203 | 374 | 0,69 | 872 | 1,991 |
| 1245 | 203 | 374 | 0,69 | 872 | 1,991 |
| 1245 | 203 | 374 | 0,69 | 872 | 1,991 |
| 27723 | 6931 | 8317 | 15,40 | 19406 | 48,771 |
| | | 37484 | 69,41 | | |
| 18617 | 4647 | 5585 | 10,34 | 13032 | 32,739 |
| 18617 | 4647 | 5585 | 10,34 | 13032 | 32,739 |
| 7912 | 1978 | 2374 | 4,40 | 5538 | 13,919 |
| 7912 | 1978 | 2374 | 4,40 | 5538 | 13,919 |
| 7912 | 1978 | 2374 | 4,40 | 5538 | 13,919 |
| 7912 | 1978 | 2374 | 4,40 | 5538 | 13,919 |
| 7912 | 1978 | 2374 | 4,40 | 5538 | 13,919 |
| 7912 | 1978 | 2374 | 4,40 | 5538 | 13,919 |
| 7912 | 1978 | 2374 | 4,40 | 5538 | 13,919 |
| | | 0 | 0,00 | 0 | 0,000 |
| 116380 | 29095 | 35330 | 65,43 | 82436 | 206,54 |

As colunas 20 a 25 mostram os resultados das medidas aplicadas. A coluna 20 mostra a nova população com coleta, sendo igual à soma da coluna 14 vezes o novo percentual de coleta com a coluna 15. A coluna 21 é igual a diferença entre a coluna 14 e 20. Para a coluna 22 aplica-se o percentual de população tratada sobre a coluna 20. A coluna 23 mostra a vazão referente à população da coluna 22. A coluna 24 é a diferença entre a coluna 20 e 22.

| 26 | 27 | 28 | 29 |
|----------------------------------|--|---------------------------------|--|
| Carga Remanescente da ETE (kg/d) | Carga População sem coleta e sem tratamento (kg/d) | Carga Remanescente Total (kg/d) | População Equivalente à Carga Remanescente (hab) |
| 0,080 | 1,27 | 1,347 | 25 |
| 0,080 | 1,27 | 1,347 | 25 |
| 0,080 | 1,27 | 1,347 | 25 |
| 0,080 | 1,27 | 1,347 | 25 |
| 4,867 | 76,58 | 81,449 | 1508 |
| 4,035 | 58,07 | 62,104 | 1150 |
| 4,035 | 58,07 | 62,104 | 1150 |
| 4,035 | 58,07 | 62,104 | 1150 |
| 89,822 | 1422,17 | 1511,997 | 28000 |
| | | | |
| 60,318 | 954,66 | 1014,975 | 18796 |
| 60,318 | 954,66 | 1014,975 | 18796 |
| 25,635 | 405,89 | 431,527 | 7991 |
| 25,635 | 405,89 | 431,527 | 7991 |
| 25,635 | 405,89 | 431,527 | 7991 |
| 25,635 | 405,89 | 431,527 | 7991 |
| 25,635 | 405,89 | 431,527 | 7991 |
| 25,635 | 405,89 | 431,527 | 7991 |
| 0,000 | 0,00 | 0,000 | 0 |
| | | | |
| 381,56 | 6022,69 | 6404,26 | 118597 |

A coluna 26 mostra a carga remanescente relativa à população que possui tratamento. A coluna 27 é a carga referente à população sem coleta e sem tratamento e a coluna 28 é a soma das colunas 26 e 27. A carga foi estimada adotando-se um valor de contribuição per capita de DBO igual a 54 g/hab.dia. A coluna 29 transforma a carga remanescente total em população equivalente.

continua

| 30 | 31 |
|------------------|----------------------------|
| QPC (L/hab.d) | Coefficiente de Retorno |
| 200 | 80 % |

A coluna 30 mostra a quota per capita de água, ou seja, o consumo de água em litros por pessoa por dia. O coeficiente de retorno adotado está na coluna 31. Os valores podem ser alterados para a situação que se desejar.

| 32 | 33 | 34 |
|-----------------------------|------------------------------|------------|
| Vazão doméstica (L/s) | Vazão doméstica (m³/s) | DBO (mg/L) |
| 0,043 | 0,000043 | 337,5 |
| 0,043 | 0,000043 | 337,5 |
| 0,043 | 0,000043 | 337,5 |
| 0,043 | 0,000043 | 337,5 |
| 2,626 | 0,002626 | 337,5 |
| 1,991 | 0,001991 | 337,5 |
| 1,991 | 0,001991 | 337,5 |
| 1,991 | 0,001991 | 337,5 |
| 48,771 | 0,048771 | 337,5 |
| 69,414 | 0,069414 | 337,5 |
| 32,739 | 0,032739 | 337,5 |
| 32,739 | 0,032739 | 337,5 |
| 13,919 | 0,013919 | 337,5 |
| 13,919 | 0,013919 | 337,5 |
| 13,919 | 0,013919 | 337,5 |
| 13,919 | 0,013919 | 337,5 |
| 13,919 | 0,013919 | 337,5 |
| 13,919 | 0,013919 | 337,5 |
| 65,426 | 0,065426 | 337,5 |

As colunas 33 e 34 são o *input* do modelo de qualidade QUAL2E, no módulo de fontes pontuais, utilizado para simular a qualidade do corpo hídrico após a realização de medidas. As colunas 32 e 33 representam a vazão de esgoto não tratado total, sendo que a coluna 33 a vazão está em m³/s. A concentração de DBO é calculada pela fórmula:

$$C = \frac{\text{População} \times 54 (\text{g / hab.dia})}{Q_{\text{doméstica}}} [\text{mg / L}]$$

A linha amarela representa a existência de uma ETE, no caso a ETE Guaraituba, já existente na bacia do Palmital. Para a realização das simulações dos cenários, optou-se que esta ETE não sofreria alteração de vazão e concentração. Deste modo, a simulação da ETE Guaraituba permanece como nas simulações dos

diagnósticos e prognósticos, sendo a eficiência da ETE calculada diretamente no modelo.

A linha verde representa a ETE Hipotética referente à população com tratamento (coluna 22), exceto a população já tratada pela ETE Guaraituba. A ETE Hipotética é criada para que o balanço hídrico não seja alterado, ou seja, para que não falte essa vazão tratada na diluição da carga poluidora. No entanto, no modelo QUAL2E é necessário aplicar a eficiência de tratamento igual ao especificado na coluna 19.

Foram realizadas as simulações conforme os cenários de medidas para as bacias do Palmital e do Pianduva, implementadas no modelo QUAL2E e os resultados apresentados no capítulo 5. A base de entrada no modelo permaneceu a mesma do diagnóstico e prognóstico dos respectivos rios, sendo que a diferença está no módulo de fontes pontuais e captações (*Point Loads & Withdrawals*) do modelo.

As vazões de referência utilizadas neste estudo foram as vazões com 95% de permanência - $Q_{95\%}$, com 80% de permanência - $Q_{80\%}$ e a vazão média de longo período - Q_{mlp} , para os anos de 2005, 2015 e 2025.

Foi estimada a população compreendida nas bacias do Palmital e Pianduva para os anos de 2005, 2015 e 2025 apresentada na Tabela 6. Esta população foi utilizada para o cálculo de vazões conforme as medidas de despoluição hídrica propostas, bem como para o cálculo de estimativas de custos de redes coletoras, interceptores e Estações de Tratamento de Esgotos.

TABELA 6 – ESTIMATIVA POPULACIONAL NAS BACIAS DO PALMITAL E PIANDUVA

| BACIAS | PROJEÇÃO POPULACIONAL | | |
|----------|-----------------------|---------|---------|
| | 2005 | 2015 | 2025 |
| PALMITAL | 184.345 | 254.632 | 320.945 |
| PIANDUVA | 715 | 811 | 910 |

4.7.3 Funções de Custos e Tecnologias de Tratamento

Para cada configuração de medidas de despoluição hídrica, foram estimados os investimentos correspondentes à implantação de sistemas de tratamento de esgotos. A estimativa de recursos financeiros é fundamental para priorizar a implantação de alternativas de medidas de despoluição, escalonando em metas progressivas para atender ao objetivo da qualidade de água estabelecido.

As funções de custos avaliadas neste estudo foram definidas pelo Projeto de Bacias Críticas: bases técnicas para a definição de metas progressivas para seu enquadramento e a integração com os demais instrumentos de gestão. Foram definidas três funções de custos para a estimativa de investimentos: a que apresenta uma análise do histórico dos custos observados em obras de mesma natureza e levantamento bibliográfico, permitindo a verificação direta dos preços embutidos em cada processo, a que considera os custos previstos na primeira, acrescidos de encargos e a que apresenta uma análise complementar utilizando os dados disponibilizados pelo Ministério das Cidades (BRASIL, 2003). Na primeira, foram considerados basicamente dados referentes aos custos de implantação de Estações de Tratamento de Esgotos domésticos, rede coletora e interceptores/coletores tronco. Na terceira análise foram utilizados valores de custo para a implantação de equipamentos de tratamento de esgoto (ETEs, interceptores e EEE), rede coletora, sendo que os custos das obras estão acrescidos de encargos sociais, BDI (bonificação e despesas indiretas), custos com desapropriações. Este último traz detalhadamente os custos considerados nos empreendimentos.

4.7.3.1 Estimativas de Investimentos através da Função de Custos – FC1

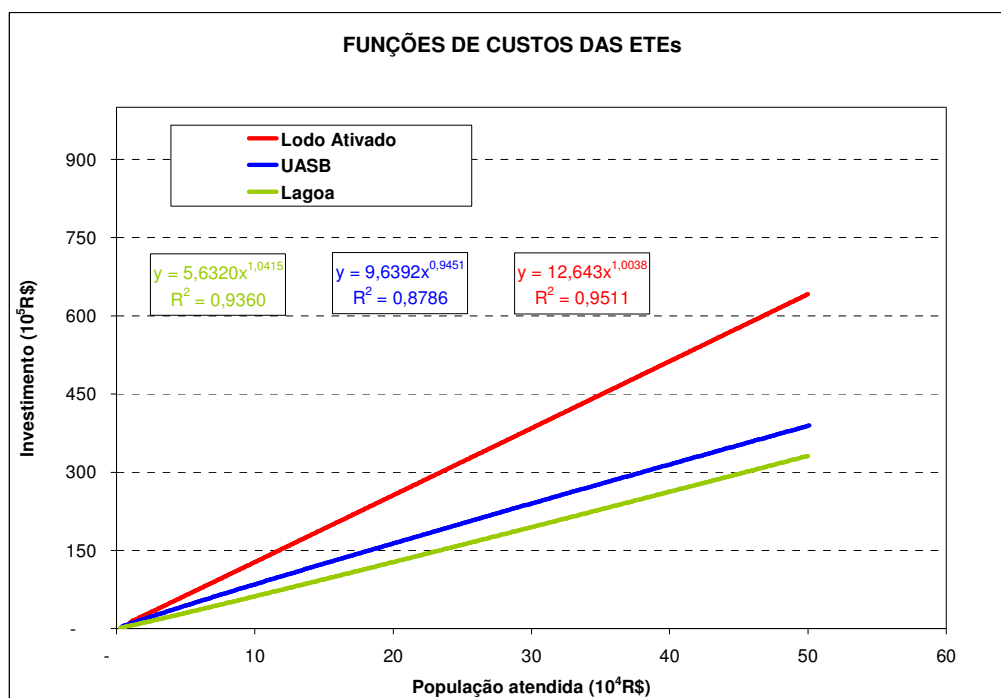
A estimativa de custos para as três funções levou em consideração os custos de implantação de rede coletora, interceptores e Estações de Tratamento de Esgotos.

Foram escolhidos três tipos de sistemas de tratamento de esgotos domésticos para a estimativa de custos de implantação: lagoas, UASB e lodos

ativados. A função de custo médio obtida para estes sistemas de tratamento de esgotos foi elaborada a partir dos dados bibliográficos e os sistemas de tratamento descritos no Quadro 7.

Na figura 8 são apresentadas funções de custos médios obtidas para os três tipos de sistema de tratamento de esgotos analisados.

FIGURA 8 - FUNÇÕES DE CUSTO DE INVESTIMENTO OBTIDAS PARA OS TRÊS TIPOS DE PROCESSOS ANALISADOS

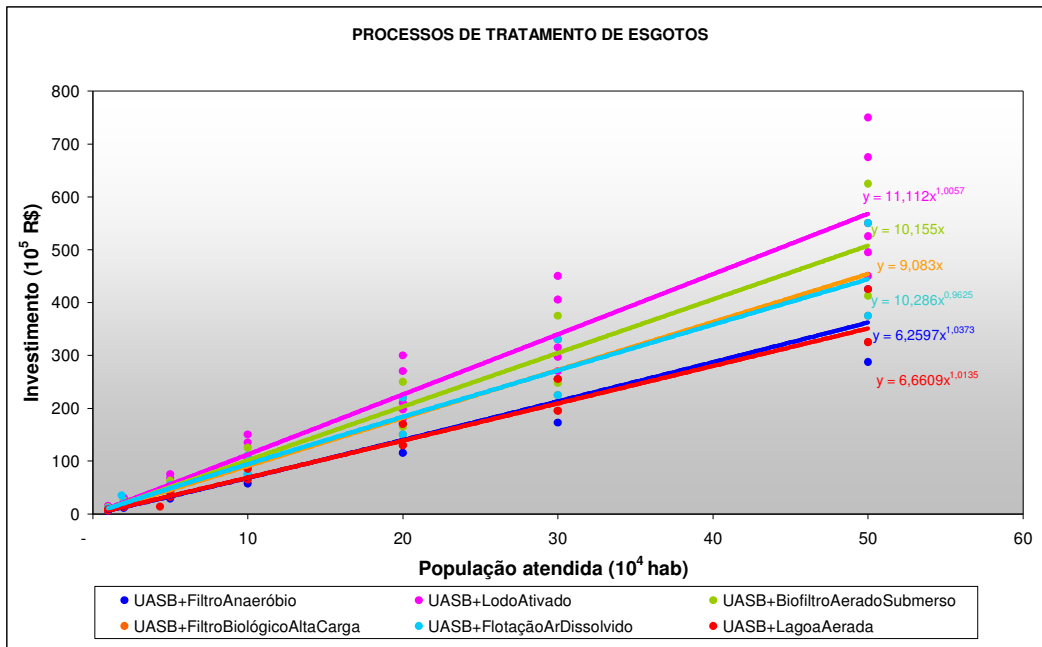


FONTE: PORTO et al. (2007)

Conforme demonstra a figura acima, o sistema de lodo ativado apresenta o custo de implantação mais elevado, seguido do sistema UASB e lagoas de tratamento.

No entanto, para esta pesquisa foi adotado o sistema de tratamento de esgotos tipo UASB seguido de lagoa aerada para todos os cenários avaliados, cujo perfil de custos está apresentado na figura 9.

FIGURA 9 - FUNÇÕES DE CUSTOS PARA COMBINAÇÕES DE PROCESSOS DE TRATAMENTO



FONTE: PORTO et al. (2007)

Esta combinação de tratamento escolhida, UASB seguido de lagoa aerada, atende aos objetivos de qualidade de água propostos pelos cenários de redução de carga orgânica em termos de DBO e OD com os menores custos de implantação, exceto para o cenário IDEAL. Entretanto, foi adotada esta combinação visando a simplificação nas simulações de custos. Este processo de tratamento combinado apresenta uma eficiência média de remoção de DBO de 75 a 85% (VON SPERLING, 2005). Esta combinação de processos de tratamento de esgotos também é indicada pelo Ministério das Cidades como possível alternativa para municípios de médio a grande porte.

Os valores utilizados para a elaboração das funções de custos de processos de tratamento foram extraídos de bibliografia que tiveram o ano base em 2002, sendo necessária atualização e reajustes conforme o ano de projeto.

Para a estimativa de custos de redes coletoras de esgoto, foram compilados os dados fornecidos pela Sanepar e Sabesp (2006) e calculados de acordo com a população projetada para as bacias em estudo. Os dados referentes às

características da obra como tipo de pavimentação, material utilizado e execução, foram fornecidos pela Sanepar (2006).

A composição adotada para a elaboração da função de custo para rede coletora de esgoto foi a seguinte:

- Execução da rede coletora sem pavimentação e sem escoramento, custo de execução por metro R\$ 51,60;
- Material utilizado: tubo de 150 PVC, custo por metro R\$ 23,27;
- Número médio de habitantes por economia foi de 4,57 (20m de rede/ligação);
- A metragem da rede é função do número de habitantes, adotado valor de 4,38 m de rede coletora por habitante;
- Estes valores apresentam data base de 2006.

A estimativa de custos para interceptores foi feita de forma semelhante a da rede coletora e segundo relatório do Ministério das Cidades, onde foi adotado valor médio de 1 m de interceptor para cada 100 m de rede. Os custos demandados com interceptores foram obtidos através do relatório fornecido pela Sabesp (2006).

A composição de custos assumida para interceptores foi a seguinte:

- Execução com pavimentação asfáltica de forma contínua, custo por metro R\$ 409,48;
- Material utilizado: tubo de 800 A3, custo por metro R\$ 249,48;
- Estes valores apresentam data base de 2006.

4.7.3.2 Estimativas de Investimentos através da Função de Custos – FC2

A estimativa de custos para FC2 foi obtida através do acréscimo de 40% sobre a curva FC1, com base no trabalho do Ministério das Cidades, devido aos custos de desapropriação e despesas indiretas. Este acréscimo buscou aproximar os custos aos valores recomendados pelo Ministério das Cidades com o intuito de identificar os custos adicionais previstos com encargos sociais e demais custos de implantação de obras.

4.7.3.3 Estimativas de Investimentos através da Função de Custos do Ministério das Cidades – FC3

A função de custos FC3 apresenta detalhadamente os custos considerados nos empreendimentos, conforme Relatório do Ministério das Cidades (BRASIL, 2003).

Primeiramente, estes valores seriam utilizados apenas para verificação dos valores obtidos na análise preliminar, porém, como os valores encontrados para atender a mesma população da análise preliminar foram maiores então se decidiu manter análise separadamente para avaliação de custos.

Neste relatório foram considerados preços unitários dos serviços fornecidos pelo Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI, da Caixa Econômica Federal. Segundo o relatório do Ministério das Cidades esses preços unitários são correspondentes ao mês de fevereiro de 2003, para cada uma das capitais dos 26 estados da União e para o Distrito Federal e consideraram 120% de encargos sociais e 30% de BDI, tanto em serviços como em materiais e equipamentos.

Este relatório indica que para municípios de médio ou grande porte (população urbana entre 40.000 e 400.000 habitantes e população urbana acima de 400.000 habitantes, respectivamente), podem ser utilizados processos de tratamento tipo UASB seguido de lagoa ou tipo lodos ativados. Para a bacia hidrográfica do Alto Iguaçu, foram utilizados os dados do estado do Paraná para municípios de médio porte. Neste caso, o custo apresentado para o tratamento por lodos ativados ou UASB seguido de lagoas foi de R\$ 162,23/habitante.

O custo da rede foi apresentado da mesma forma do tratamento de esgoto, onde para a região do Paraná o custo da rede por domicílio foi R\$ 2.489,91. Como na região a média por domicílio é de 4 habitantes o custo de coleta por habitante foi R\$ 624,72.

Foram também estimados custos adicionais com desapropriação de área proporcional ao tamanho do município, BDI (bonificação e despesas indiretas) e encargos sociais. Esses valores estão mais detalhados no Relatório (PORTO et al., 2007).

Para a estimativa de custos no valor presente para as três funções, foram adotados os seguintes passos:

1. Cálculo do valor futuro - VF a partir do valor presente obtido para a população estimada. Portanto, calcula-se o valor que a obra custará no ano desejado (VF) e transforma este valor para o presente, ou seja, para a data base de comparação;
2. Cálculo dos valores de operação e manutenção para a população atendida (estes valores foram calculados com base nos dados apresentados por Von Sperling (2005) para algumas alternativas de tratamento). Da mesma forma calcula-se o valor futuro a partir do valor inicial e traz este mesmo valor para a data base desejada;
3. Foi considerada uma taxa de juros para o valor de operação e manutenção de 1% ao ano devido ao reajuste de valores e a vida útil da ETE de 30 anos;
4. Realização da distribuição temporal dos investimentos ao longo do período de projeto, ou seja, trabalhar com os valores na mesma data base para tornar possível a comparação e análise dos dados;
5. Nesta distribuição levou-se em consideração que a obra será finalizada em 3 anos, sendo investidos 40% nos dois primeiros anos e 20% no terceiro ano;
6. Os valores de operação e manutenção iniciarão a partir do quarto ano, quando a ETE iniciará seu funcionamento.

4.7.4 Aplicação das Funções de Custos nas Bacias dos Rios Palmital e Pianduva

A obtenção da estimativa de custos nas três funções foi realizada através das medidas de despoluição contemplados nos cenários A, S1, S e IDEAL. Foram elaboradas planilhas automatizadas para FC1, FC2 e FC3 variando em função da população beneficiada no projeto. A data inicial de investimento foi 2005, onde a população receberá os percentuais de coleta e tratamento conforme os cenários. De 2005 para 2010 há um aumento populacional, porém, parte desta população já está sendo coletada e tratada desde 2005. Portanto, em 2010 será necessário ampliar a coleta e o tratamento apenas para o incremento populacional, ou seja, para a diferença da população coletada e tratada entre 2005 e 2010. Este mesmo raciocínio foi aplicado para 2015 em função de 2010, e assim sucessivamente até 2025.

Desta forma, em termos de valor presente (2005), o custo no final de 2025 será o gasto total acumulado em medidas de despoluição nas bacias estudadas.

Foram estimados custos totais de investimentos através das FC1, FC2 e FC3, podendo ser escalonados para os anos de 2005, 2015 e 2025, sendo que os valores de 2025 representam os valores totais de investimentos. Esta análise foi realizada para todos os cenários propostos a fim de avaliar e priorizar as alternativas

de despoluição em função dos recursos financeiros necessários para atendimento às metas de melhoria de qualidade da água na perspectiva do enquadramento.

4.8 METAS PROGRESSIVAS

O enquadramento dos corpos de água é um importante instrumento de planejamento ambiental. O objetivo de qualidade da água a ser alcançado deve representar um pacto construído pela sociedade através dos Comitês de Bacias.

As metas de qualidade da água indicadas pelo enquadramento constituem a expressão dos objetivos definidos a ser conferidos ao corpo hídrico, e as metas devem corresponder ao resultado final de um processo que leva em conta os fatores ambientais, sociais e econômicos.

Segundo PORTO (2002), uma das principais vantagens em se utilizar metas de qualidade da água como instrumento de gestão está em se colocar o foco da gestão da qualidade da água sobre os problemas específicos a serem resolvidos na bacia, tanto no que se refere aos impactos causados pela poluição, como nos usos futuros que possam vir a ser planejados.

Desta forma, a Resolução CONAMA 357/05 define as metas intermediárias e final para alcançar os objetivos estabelecidos, configurando-se em metas progressivas.

O conceito de metas progressivas pressupõe a determinação de metas intermediárias de forma a escalonar a diminuição da concentração de poluentes no rio ao longo do tempo para que se atinja a meta final de qualidade da água. Para cada meta progressiva é necessário conjunto de medidas de despoluição e conseqüentemente a necessidade de investimentos para a implementação das medidas.

Neste contexto, as metas progressivas podem ser entendidas como o escalonamento de investimentos no tempo e, no presente estudo de caso, foram estimados os investimentos necessários para a implantação de medidas de despoluição no horizonte 2005, 2015 e 2025.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A proposta de uma metodologia para enquadramento de corpos de água está indicada no capítulo 4, item 4.2, contendo as principais etapas que deverão compor o processo de enquadramento.

A pesquisa evidenciou a necessidade e a importância de cada etapa envolvendo os aspectos técnicos para a construção de uma proposta de enquadramento.

Para os rios Palmital e Pianduva, foi adotada a metodologia de enquadramento que está detalhada ao longo deste capítulo, culminando em proposta de enquadramento para os dois rios.

Para os demais objetivos foram analisados cinco cenários para as bacias hidrográficas Palmital e Pianduva, aplicando as três vazões de permanência (Q_{mlp} , $Q_{80\%}$ e $Q_{95\%}$) e projeções para os anos de 2005, 2015 e 2025, conforme descrito no capítulo anterior. Para os cenários avaliados, foram estimados os custos de investimentos referentes à implantação de rede coletora de esgoto, estação de tratamento de esgoto e melhoria da eficiência, conforme metodologia definida em PORTO et al. (2006).

Foram realizadas simulações dos Diagnósticos e Prognósticos para as duas bacias hidrográficas em estudo, avaliando o perfil de qualidade da água através dos parâmetros DBO e OD em toda a extensão dos rios. Como exemplos, no apêndice 3 estão apresentados os resultados das simulações de medidas de despoluição da qualidade para o Palmital e Pianduva, ano de 2005 e vazão $Q_{95\%}$, Q_{mlp} e $Q_{80\%}$. A qualidade da água também foi analisada para três vazões de permanência no ponto foz e em pontos considerados estratégicos. Este capítulo também apresenta uma análise de enquadramento sob a perspectiva de vazões de referências. Para os cenários avaliados, foram estimados custos através das FC1, FC2 e FC3, bem como a realização de análise de eficácia dos investimentos como descrito no capítulo anterior. Toda a análise está voltada para a elaboração de uma proposta de enquadramento, avaliando custos e benefícios para a implementação das medidas de despoluição. Por último, apresenta-se sugestão de medidas de despoluição hídrica visando enquadramento do rio Palmital e do Pianduva, conforme Resolução CONAMA 357/05, sob a ótica do usuário de saneamento.

5.1 RESULTADOS DA SIMULAÇÃO DE CENÁRIOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PALMITAL

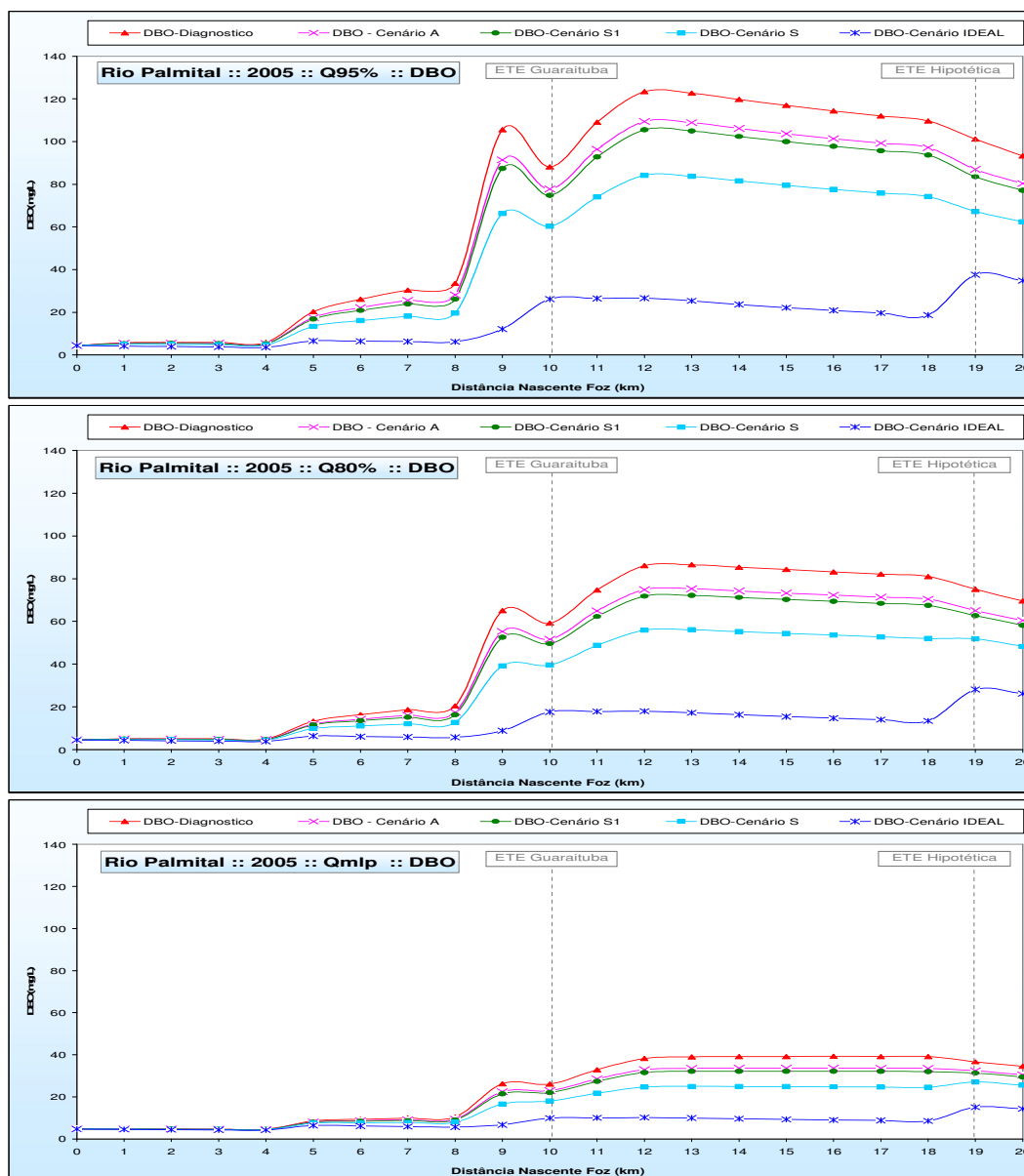
Os dados provenientes dos cenários avaliados foram inseridos no modelo de qualidade da água QUAL2E (BROWN e BARNWELL, 1987) para os anos de 2005, 2015 e 2025, para as vazões de permanência de Q_{mlp} , $Q_{80\%}$ e $Q_{95\%}$ e para simulação das variáveis OD e DBO.

5.1.1 Diagnóstico e Prognóstico de Qualidade de Água do Rio Palmital – DBO

As figuras 10, 11 e 12 apresentam os resultados das simulações da evolução da qualidade da água, parâmetro DBO, através dos cenários Diagnóstico, A, S1, S e IDEAL e vazões Q_{mlp} , $Q_{80\%}$ e $Q_{95\%}$ para as projeções de 2005, 2015 e 2025. É demonstrada a atuação da ETE Guaraituba no km 10 e a ETE Hipotética na foz do rio, ou seja, no km 19.

Na figura 10 é possível evidenciar uma redução da concentração de DBO resultante da eficiência no tratamento da ETE Guaraituba e da ETE Hipotética para as três vazões de permanência e projeção 2005, com eficiências de 80%.

FIGURA 10 - EVOLUÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA – CENÁRIOS X VAZÕES – ANO DE 2005 – DBO



Para $Q_{95\%}$, pode-se observar que houve uma evolução positiva da qualidade da água com a implantação de medidas de despoluição através dos cenários A, S1, S e IDEAL. No km 10 e no km 19, por exemplo, onde a ETE Guaraituba e a ETE Hipotética estão operando, é possível constatar uma diminuição da concentração de DBO do Diagnóstico para o cenário IDEAL, cujos valores 88 mg/L e 101 mg/L

passam para 26 mg/L e 38 mg/L, respectivamente. Percebe-se uma redução de 70% para o km 10 e 62% para o km 19.

Para $Q_{80\%}$, a implantação dos cenários A, S1, S e IDEAL proporciona melhoria da qualidade da água ao longo do rio Palmital. No km 10 e no km 19, analisando da forma como a vazão anterior, percebe-se diminuição da concentração de DBO de valores que variam de 59 mg/L e 75 mg/L do cenário Diagnóstico para 18 mg/L e 28 mg/L no cenário IDEAL. Observa-se uma redução na concentração de DBO de 70% e 63% respectivamente para o km 10 e km 19.

Na vazão de Q_{mip} também foi possível observar a melhoria da qualidade da água com a implantação dos cenários A, S1, S e IDEAL. Os valores das concentrações de DBO para o km 10 e km 19 no cenário Diagnóstico são de 26 mg/L e 37 mg/L. No cenário IDEAL, esses mesmos pontos assumem valores de 10 mg/L e 15 mg/L, representando uma redução de 62% no km 10 e 59% no km 19.

Para as três vazões de permanência avaliadas nos cenários Diagnóstico, A, S1, S e IDEAL, no ano de 2005, é possível visualizar sensível melhoria na evolução da qualidade da água, principalmente para a vazão de permanência Q_{mip} . Esta melhoria é significativa, pois a vazão Q_{mip} para o rio Palmital está em torno de 34% de permanência, ou seja, em 34% do tempo o rio Palmital tem uma vazão igual ou superior a esta vazão. É uma vazão consideravelmente alta em relação às demais vazões de permanência analisadas, permitindo considerar que nesta vazão, o rio Palmital fica igual ou abaixo de 10 mg/L em quase todo seu percurso, ou até o ponto onde está hipoteticamente implantada uma ETE, ponto este considerado para simular a coleta e tratamento do rio Palmital conforme as propostas estabelecidas nos cenários avaliados.

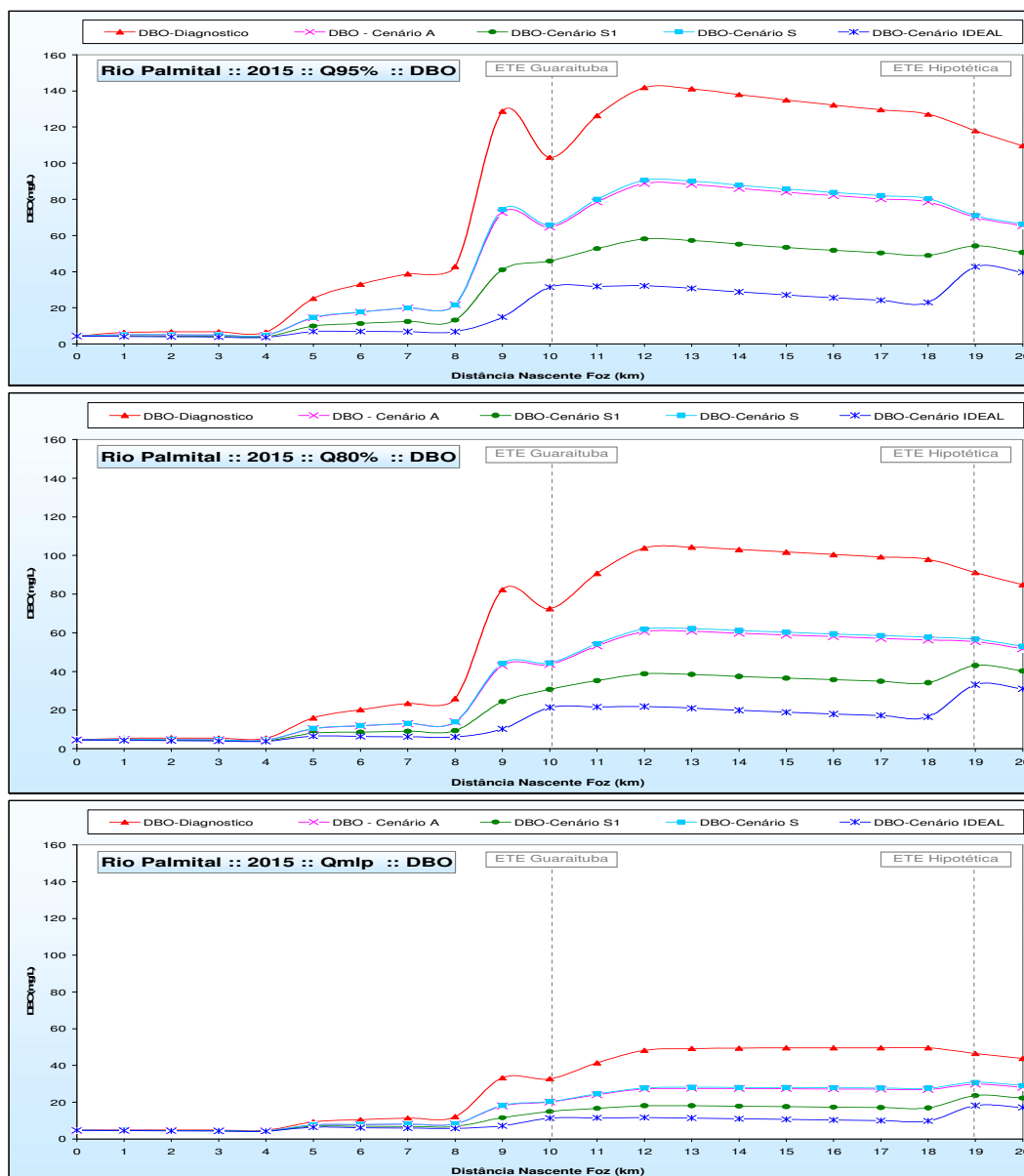
Na figura 11 é possível evidenciar uma redução da concentração de DBO resultante da eficiência no tratamento da ETE Guaraituba e da ETE Hipotética para as três vazões de permanência e projeção 2015. Para $Q_{95\%}$, nos pontos km 10 e no km 19, por exemplo, onde a ETE Guaraituba e a ETE Hipotética estão operando, é possível constatar uma diminuição da concentração de DBO do Diagnóstico para o cenário IDEAL, cujos valores 103 mg/L e 118 mg/L passam para 31 mg/L e 43 mg/L, respectivamente. Percebe-se uma redução de 70% para o km 10 e 64% para o km 19.

Para $Q_{80\%}$, a implantação dos cenários A, S1, S e IDEAL proporciona melhoria da qualidade da água ao longo do rio Palmital. No km 10 e no km 19, percebe-se diminuição da concentração de DBO de valores que variam de 73 mg/L e 91 mg/L do cenário Diagnóstico para 21mg/L e 33 mg/L no cenário IDEAL. Observa-se uma redução na concentração de DBO de 71% e 64% respectivamente para o km 10 e km 19.

Na vazão de Q_{mip} também foi possível observar a melhoria da qualidade da água com a implantação dos cenários A, S1, S e IDEAL. Os valores das concentrações de DBO para o km 10 e km 19 no cenário Diagnóstico são de 33 mg/L e 47 mg/L. No cenário IDEAL, esses mesmos pontos assumem valores de 11 mg/L e 18 mg/L, representando uma redução de 65% no km 10 e 61% no km 19.

Como era de se esperar, para as três vazões de permanência avaliadas nos cenários Diagnóstico, A, S1, S e IDEAL, no ano de 2015, é possível visualizar sensível melhoria na evolução da qualidade da água, principalmente para a vazão de permanência Q_{mip} , ficando o rio Palmital abaixo de 10 mg/L para esta vazão de permanência, praticamente na metade de sua extensão.

FIGURA 11 - EVOLUÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA – CENÁRIOS X VAZÕES – ANO DE 2015 – DBO



Na figura 12 estão demonstrados os resultados das simulações de DBO dos cenários Diagnóstico, A, S1, S e IDEAL para as três vazões de permanência e ano de projeção de 2025.

É possível evidenciar uma redução da concentração de DBO resultante da eficiência no tratamento da ETE Guaraituba e da ETE Hipotética para as três vazões de permanência e projeção 2025. Para $Q_{95\%}$ e permanecendo os mesmos pontos de

avaliações, no km 10 e no km 19, por exemplo, é possível constatar uma diminuição da concentração de DBO do Diagnóstico para o cenário IDEAL, cujos valores 114 mg/L e 130 mg/L passam para 35 mg/L e 46 mg/L, respectivamente. Percebe-se uma redução de 69% para o km 10 e 65% para o km 19.

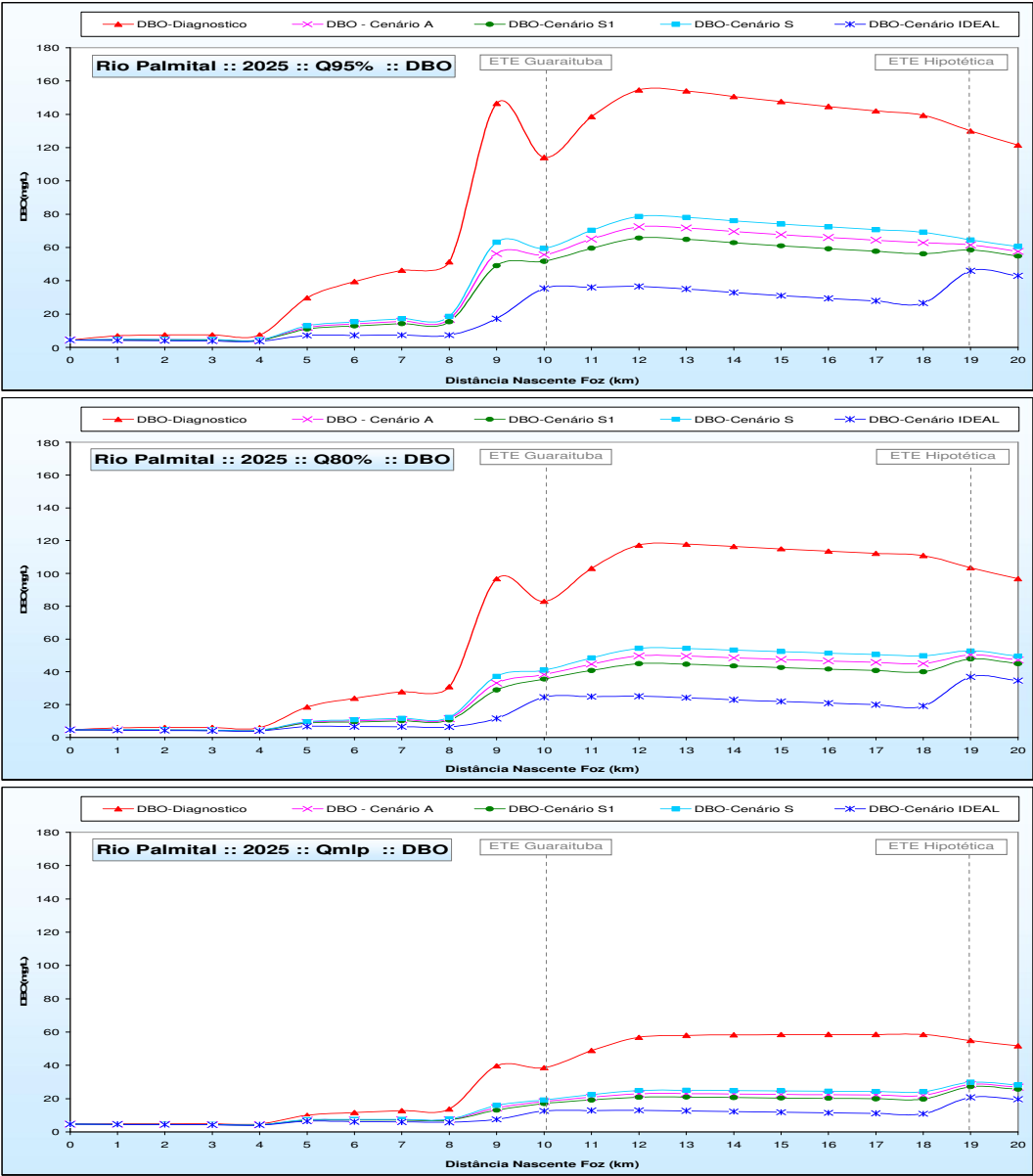
Na vazão de $Q_{80\%}$, a implantação dos cenários A, S1, S e IDEAL proporciona melhoria da qualidade da água ao longo do rio Palmital. No km 10 e no km 19, percebe-se diminuição da concentração de DBO de valores que variam de 83 mg/L e 103 mg/L do cenário Diagnóstico para 24 mg/L e 37 mg/L no cenário IDEAL. Observa-se uma redução na concentração de DBO de 71% e 64% respectivamente para o km 10 e km 19.

Para a vazão de Q_{mlp} também foi possível observar a melhoria da qualidade da água com a implantação dos cenários A, S1, S e IDEAL. Os valores das concentrações de DBO para o km 10 e km 19 no cenário Diagnóstico são de 39 mg/L e 55 mg/L. No cenário IDEAL, esses mesmos pontos assumem valores de 13 mg/L e 21 mg/L, representando uma redução de 67% no km 10 e 62% no km 19. Como previsto, os cenários que conferiram maior qualidade da água em termos de DBO foi os cenários implantados na vazão de referência Q_{mlp} .

Os picos observados nos gráficos para as projeções de 2005, 2015 e 2025 para todos os cenários e vazões avaliadas são fontes pontuais decorrentes de população que estão sendo simulados nos elementos computacionais. No km 10 ou elemento computacional 11, está instalada e operando a ETE Guaraituba com eficiência de 80% na remoção da carga orgânica. No km 19 ou elemento computacional 20 está a ETE Hipotética concentrando toda a carga resultante dos percentuais de coleta e tratamento de esgotos conforme estabelecem os cenários A, S1, S e IDEAL.

A partir das figuras 10, 11 e 12, pode-se concluir que a qualidade da água para o rio Palmital obtém valores maiores de DBO nas simulações de vazões menores, ou seja, na Q_{mlp} e para o cenário IDEAL, com 100% de coleta e tratamento do esgoto doméstico.

FIGURA 12 - EVOLUÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA – CENÁRIOS X VAZÕES – ANO DE 2025 – DBO



5.1.2 Diagnóstico e Prognóstico de Qualidade de Água do Rio Palmital – OD

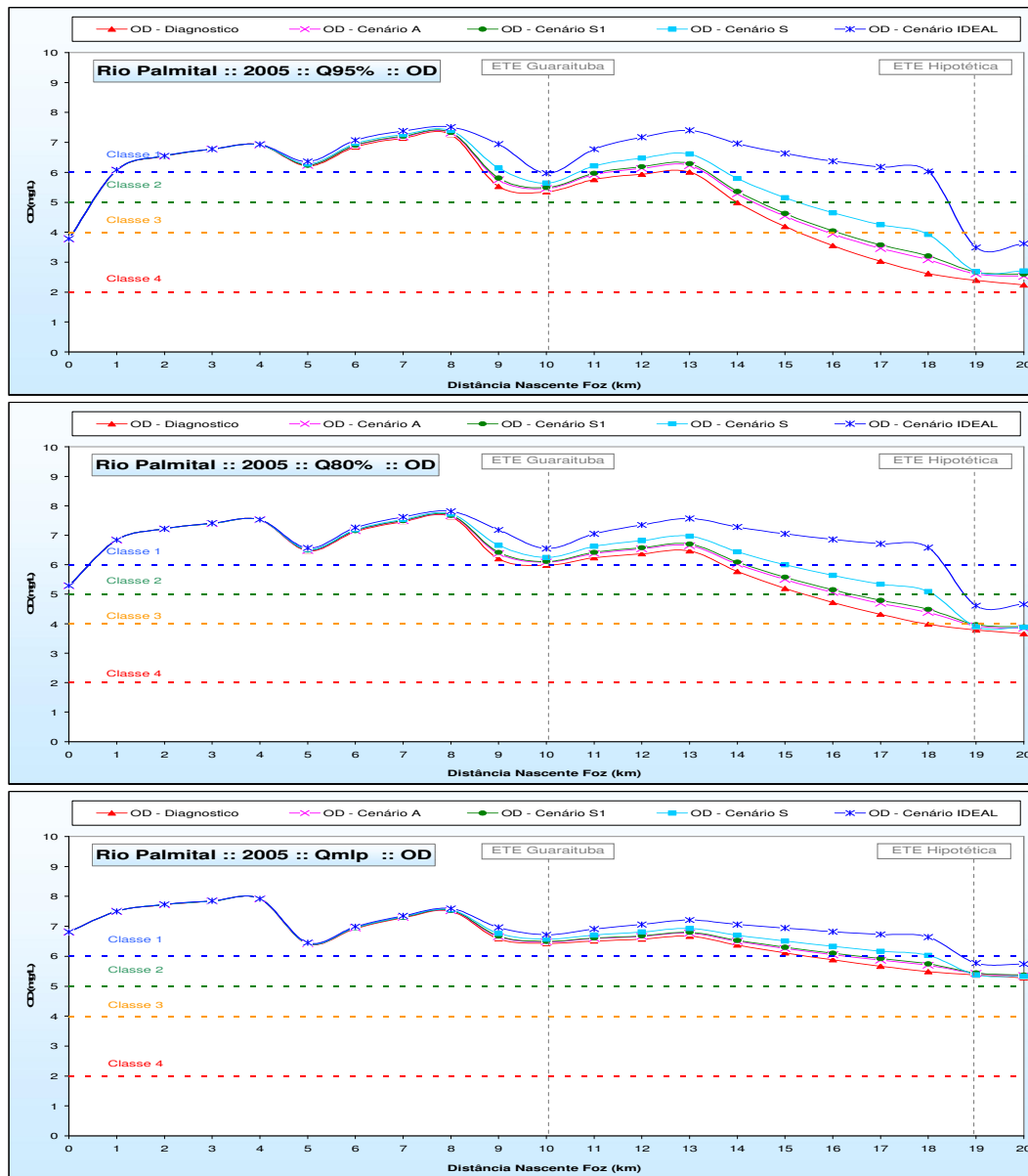
As figuras 13, 14 e 15 compreendem os resultados das simulações da evolução da qualidade da água, parâmetro OD, através dos cenários Diagnóstico, A, S1, S e IDEAL e vazões Q_{mlp} , $Q_{80\%}$ e $Q_{95\%}$ para as projeções de 2005, 2015 e 2025. É demonstrada a atuação da ETE Guaraituba no km 10 e a ETE Hipotética na foz do rio, ou seja, no km 19, onde ocorre o aumento das concentrações de OD imediatamente após o lançamento das ETEs.

Na figura 13 é possível evidenciar um aumento da concentração de OD resultante da aplicação dos cenários A, S1, S e IDEAL para todas as vazões de permanência estudadas e ano 2005.

Para $Q_{95\%}$, pode-se observar que o cenário IDEAL é o que representa maior concentração de OD ao longo do rio, seguido do cenário S, S1 e A. A mesma avaliação pode-se deduzir dos gráficos para $Q_{80\%}$ e Q_{mlp} . Entretanto, para a vazão de permanência Q_{mlp} , os valores da concentração de OD ficam superiores a 5 mg/L para todos os cenários avaliados, enquadrando o rio Palmital no mínimo na classe 2 da Resolução CONAMA 357/05. Para $Q_{80\%}$, os cenários S e IDEAL proporcionam concentrações de OD maior que 5 mg/L para quase toda a extensão do rio. Em $Q_{95\%}$, somente o cenário IDEAL resulta numa concentração de OD superior a 5 mg/L ao longo do rio Palmital.

Pode-se concluir que para as três vazões estudadas, a vazão média de longo período - Q_{mlp} representa a melhor condição do rio com o cenário IDEAL, ou seja, 100% de coleta e tratamento do esgoto doméstico.

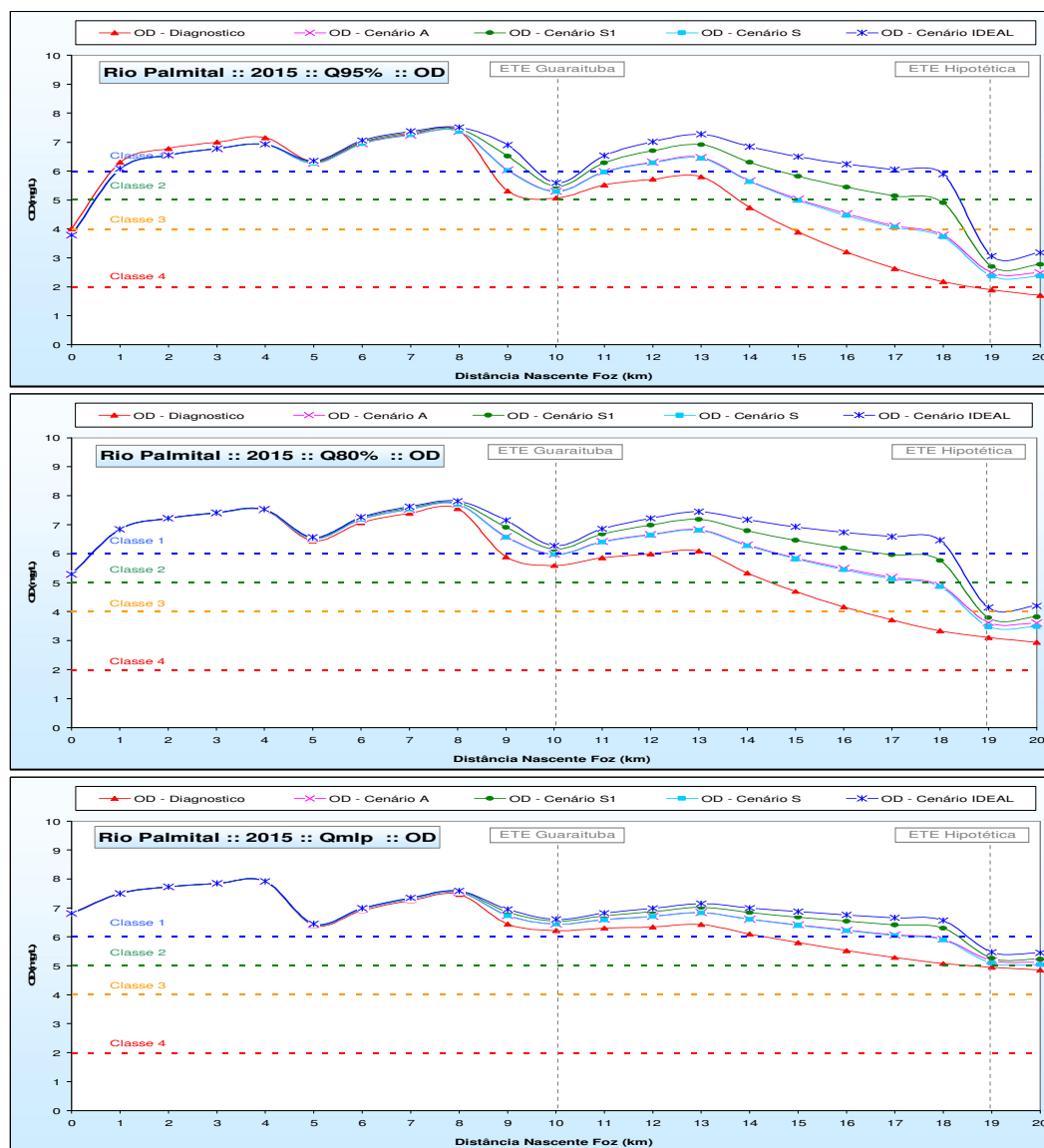
FIGURA 13 - EVOLUÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA – CENÁRIOS X VAZÕES – ANO DE 2005 – OD



Na figura 14 estão demonstrados os resultados das simulações para o ano de 2015. É possível evidenciar um aumento da concentração de OD resultante da aplicação dos cenários A, S1, S e IDEAL para todas as vazões de permanência. Como era de se esperar, para a vazão de permanência Q_{mlp} , os valores da concentração de OD ficam superiores a 5 mg/L para quase todos os cenários avaliados, excetuando Diagnóstico no final do percurso, possibilitando o

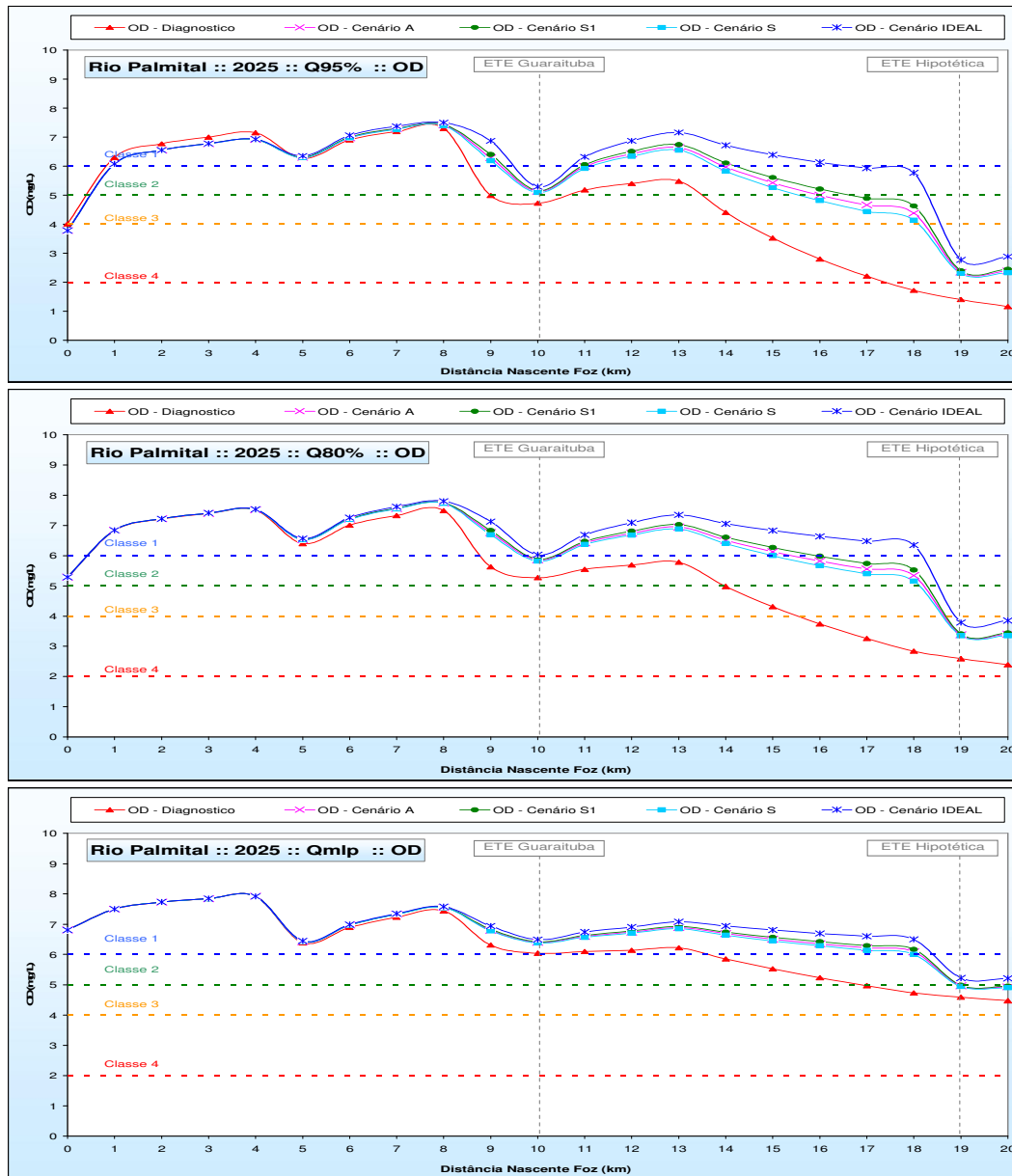
enquadramento do rio Palmital no mínimo na classe 2 da Resolução CONAMA 357/05. O cenário IDEAL apresenta os melhores resultados para as três vazões simuladas, seguida do cenário S1. Os cenários S e A demonstram praticamente o mesmo perfil de comportamento para as três vazões de permanência, tendo em vista que possuem os mesmos percentuais de coleta e tratamento para o ano de 2015, diferindo no percentual de eficiência da ETE.

FIGURA 14 - EVOLUÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA – CENÁRIOS X VAZÕES – ANO DE 2015 – OD



A figura 15 apresenta a evolução da qualidade da água através do parâmetro OD para o ano de projeção 2025 e as três vazões de permanência. Como esperado, é possível evidenciar um aumento da concentração de OD resultante da aplicação dos cenários A, S1, S e IDEAL para todas as vazões de permanência.

FIGURA 15 - EVOLUÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA – CENÁRIOS X VAZÕES – ANO DE 2025 – OD



Os valores mais altos para a concentração de OD estão na simulação para a vazão de permanência Q_{mlp} , cujos valores situam-se acima de 5 mg/L para o cenário IDEAL, possibilitando o enquadramento do rio Palmital no mínimo na classe 2 da Resolução CONAMA 357/05 para esta vazão. Os cenários S1, S e A demonstram praticamente o mesmo perfil de comportamento para as três vazões de permanência, tendo em vista que possuem os mesmos percentuais de coleta e tratamento para o ano de 2025, diferindo apenas no percentual de eficiência da ETE.

As depressões observadas nos gráficos para as projeções de 2005, 2015 e 2025 para todos os cenários e vazões avaliadas são fontes pontuais decorrentes de população que estão sendo simulados nos elementos computacionais. No km 10 ou elemento computacional 11, está instalada e operando a ETE Guaraituba com eficiência de 80% de remoção da carga orgânica. No km 19 ou elemento computacional 20 está a ETE Hipotética concentrando toda a carga resultante dos percentuais de coleta e tratamento de esgotos conforme estabelece os cenários A, S1, S e IDEAL. No km 5 ou elemento computacional 6, há um incremento populacional simulado no modelo, fazendo com que haja diminuição da concentração de OD naquele ponto.

A partir das figuras 13, 14 e 15, é possível constatar que a melhor condição da qualidade da água em termos de OD está na simulação com vazão de permanência Q_{mlp} e no cenário IDEAL. Esta conclusão permite sugerir uma proposta de enquadramento na classe 2 da Resolução CONAMA 357/05, analisando apenas o parâmetro OD.

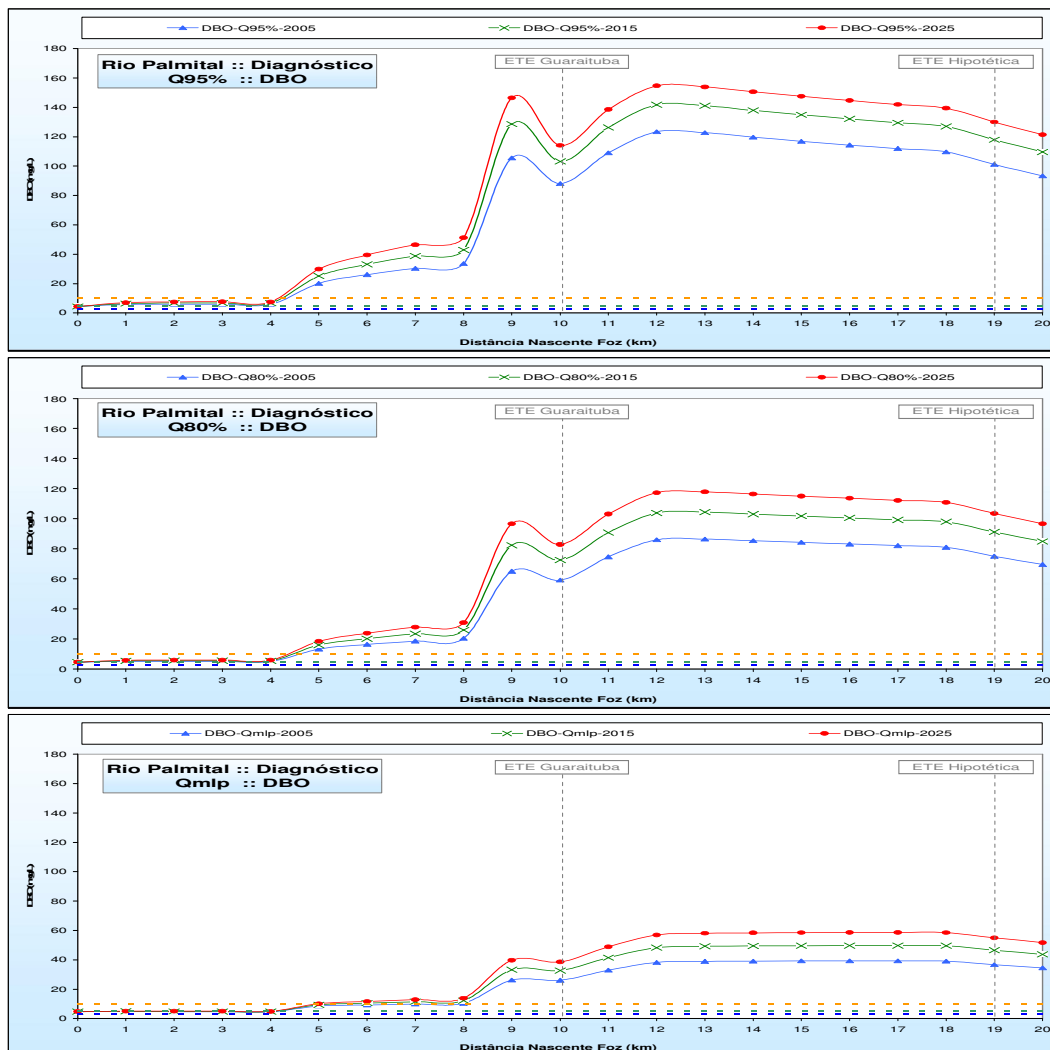
5.1.3 Reavaliação do Diagnóstico e Prognóstico de Qualidade de Água sob a ótica da Vazão de Referência – Rio Palmital

Nas figuras 16 a 25 estão formatados os gráficos que possibilitam visualizar o perfil da DBO e OD ao longo do rio Palmital para as vazões de permanência $Q_{95\%}$, $Q_{80\%}$ e Q_{mlp} e projeções 2005, 2015 e 2025, para cada cenário proposto.

A figura 16 apresenta o cenário Diagnóstico para as três vazões de permanência, demonstrando a concentração de DBO ao longo do percurso do rio

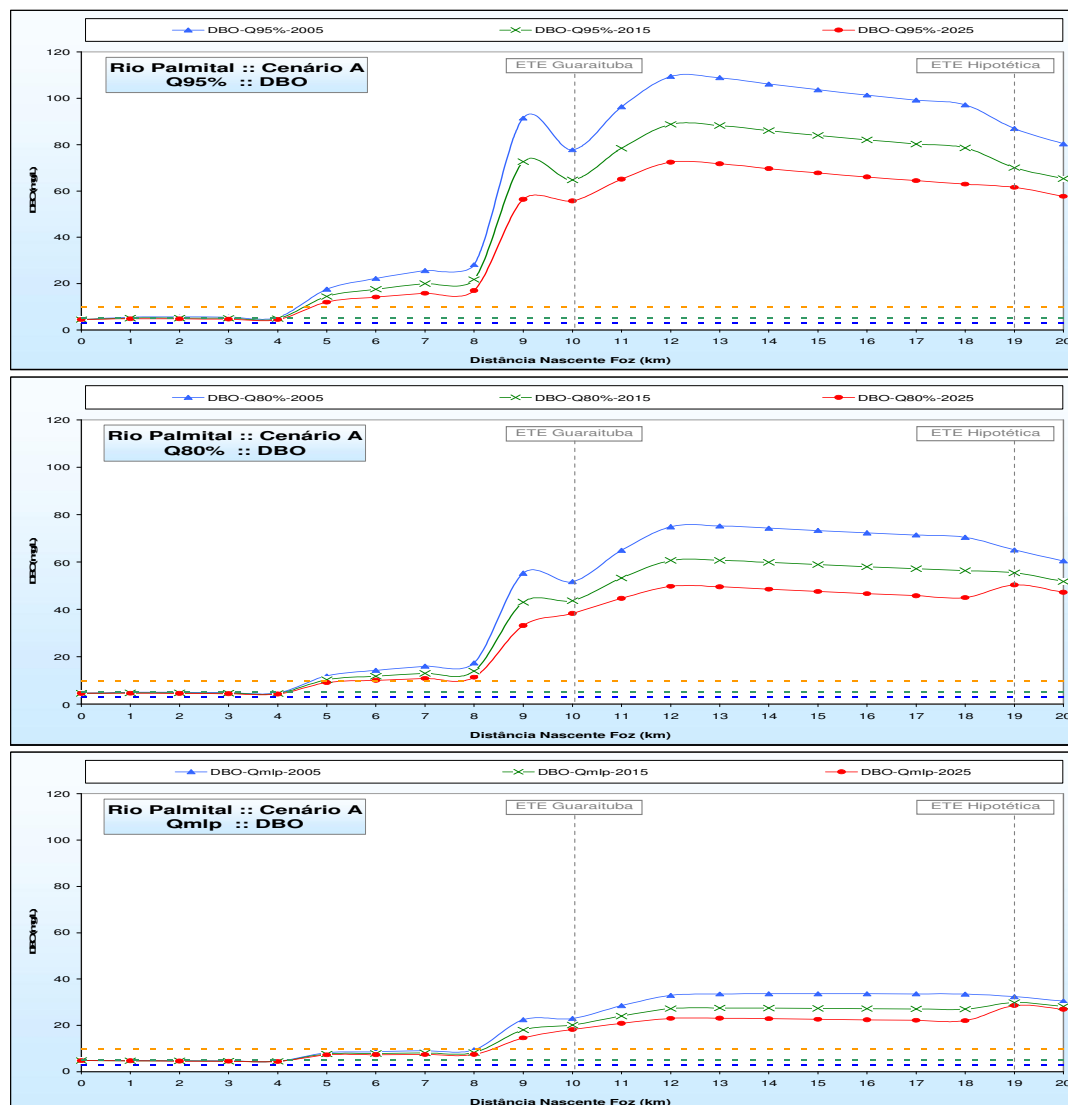
Palmital nos anos de 2005, 2015 e 2025. Percebe-se que para este cenário, onde não é implantada nenhuma medida de despoluição através de cenários, mas somente mantendo o mesmo percentual de coleta e tratamento, há uma elevação da concentração de DBO de 2005 para 2015, e deste para 2025, para todas as vazões de permanência analisadas. Os menores valores de DBO ocorrem na vazão de permanência Q_{mlp} , permitindo avaliar que até o km 4 a concentração de DBO é de 5 mg/L, possibilitando o enquadramento do rio Palmital na classe 2 da Resolução CONAMA 357/05. Após este trecho, os valores de DBO ultrapassam 10 mg/L, não permitindo enquadramento em nenhuma classe desta mesma Resolução. Para as vazões de permanência $Q_{80\%}$ e $Q_{95\%}$, os valores de DBO até o km 4 estão situados no intervalo até 10 mg/L e após este ponto, assumem valores superiores.

FIGURA 16 - PERFIL DE DBO – EVOLUÇÃO ANOS X VAZÃO – DIAGNÓSTICO



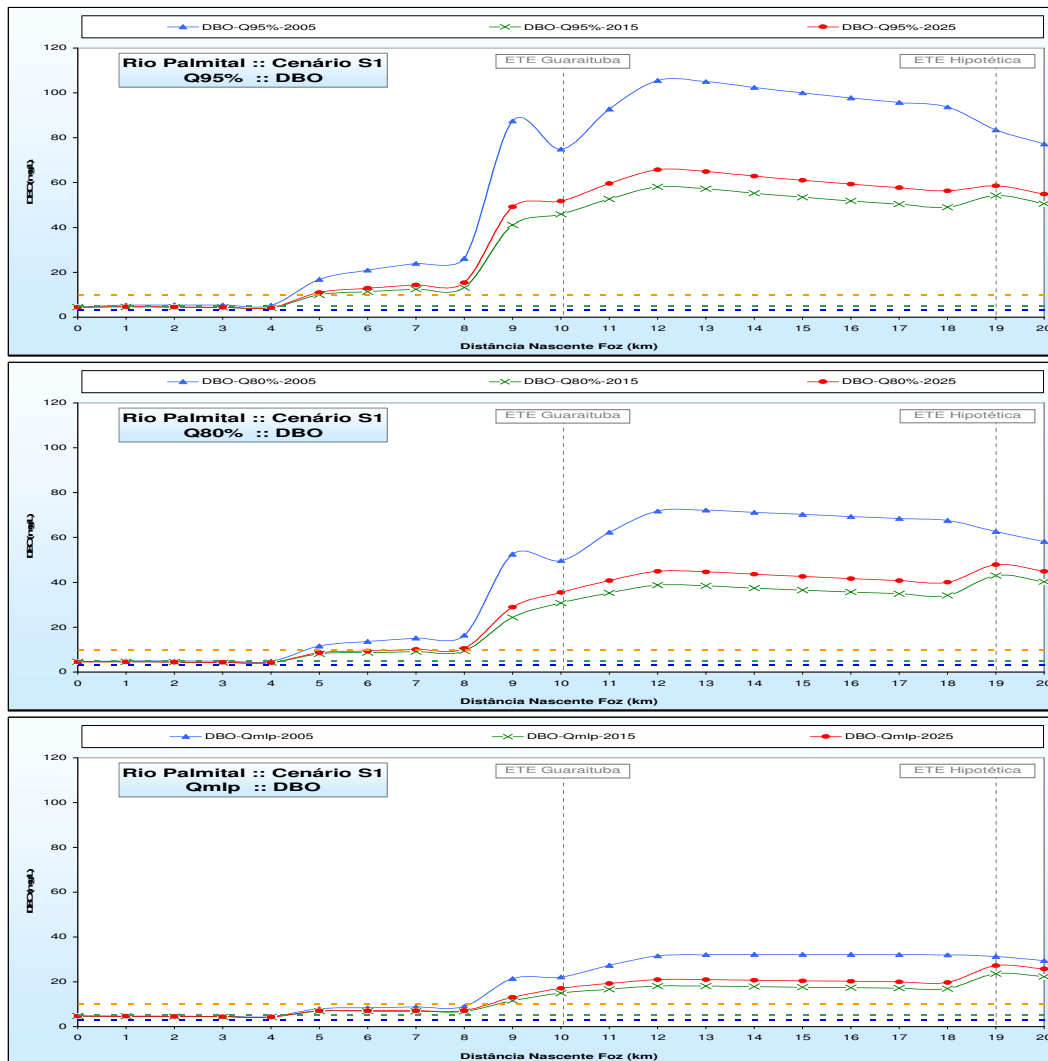
A figura 17 apresenta o cenário A para as três vazões de permanência, demonstrando a concentração de DBO ao longo do percurso do rio Palmital nos anos de 2005, 2015 e 2025. Para este cenário observa-se diminuição da concentração de DBO de 2005 para 2015, e deste para 2025, para todas as vazões de permanência analisadas. A projeção para o ano de 2025 demonstra menores valores da concentração de DBO para as três vazões de permanência, sendo que os menores valores aparecem na simulação para vazão Q_{mlp} . Esta avaliação era esperada tendo em vista que o cenário A estabelece significativo aumento no percentual de coleta, tratamento e eficiência para o ano de 2025.

FIGURA 17 - PERFIL DE DBO – EVOLUÇÃO ANOS X VAZÃO – CENÁRIO A



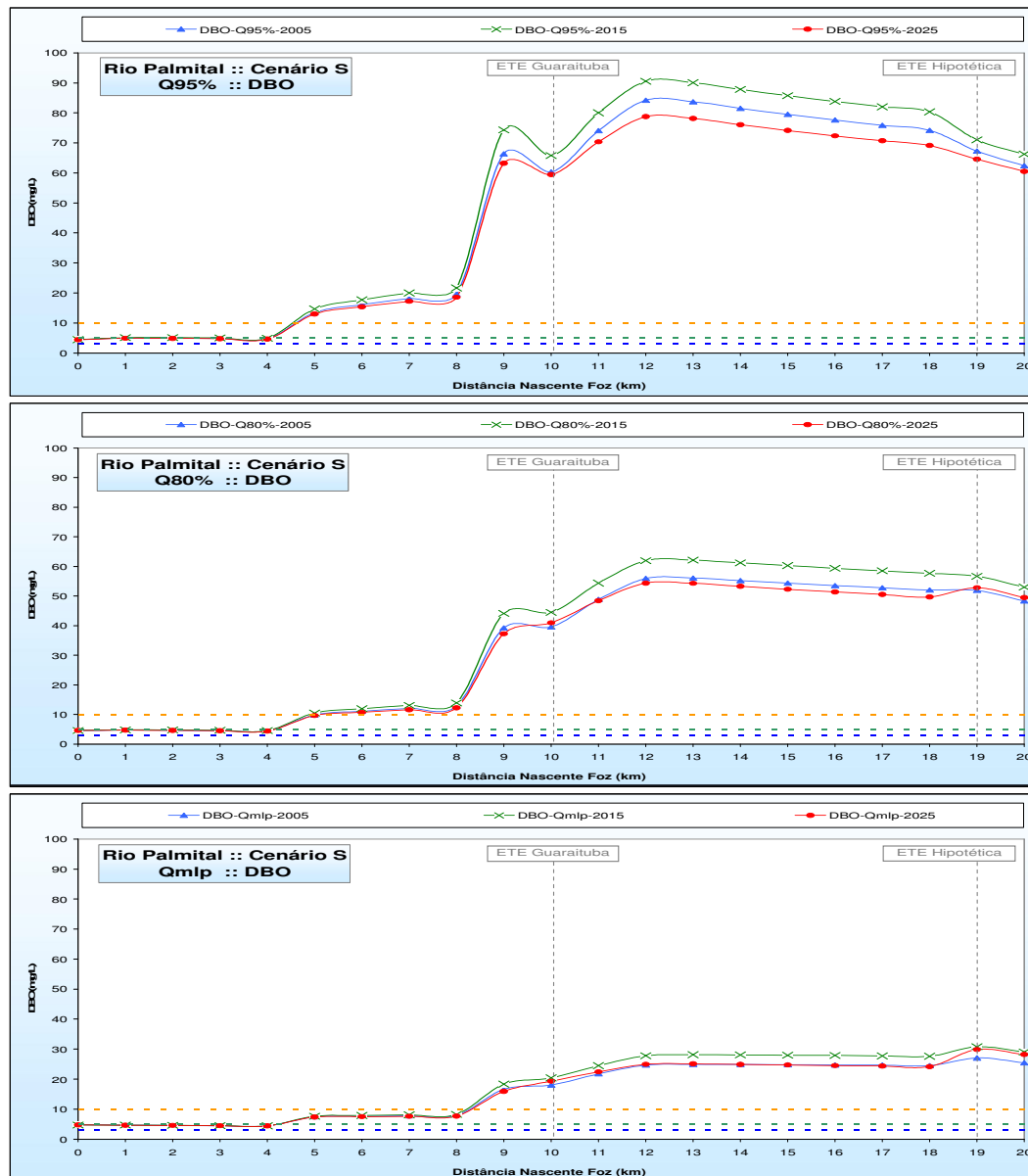
A figura 18 apresenta o cenário S1 para as três vazões de permanência, demonstrando a concentração de DBO ao longo do percurso do rio Palmital nos anos de 2005, 2015 e 2025. Para este cenário observa-se a diminuição da concentração de DBO ao longo dos anos analisados, sendo que a projeção que apresentou menores resultados de DBO foi para o ano de 2015 para as três vazões de permanência analisadas. Na vazão Q_{mlp} observa-se menores valores para DBO ao longo do trecho do rio Palmital. Este cenário possui a mesma proposta de medidas para os anos de 2015 e 2025, diferindo apenas no incremento populacional para os respectivos anos. Sendo assim, os resultados apresentam melhores para o ano de 2015 e para as três vazões de permanência.

FIGURA 18 - PERFIL DE DBO – EVOLUÇÃO ANOS X VAZÃO – CENÁRIO S1



A figura 19 apresenta o cenário S para as três vazões de permanência, demonstrando a concentração de DBO ao longo do percurso do rio Palmital nos anos de 2005, 2015 e 2025. Para este cenário observa-se a diminuição da concentração de DBO ao longo dos anos analisados, sendo que a projeção que apresentou menores resultados de DBO foi para o ano de 2025 para as três vazões de permanência analisadas.

FIGURA 19 - PERFIL DE DBO – EVOLUÇÃO ANOS X VAZÃO – CENÁRIO S



Na vazão Q_{mip} observa-se menores valores para DBO ao longo do trecho do rio Palmital, sendo que as projeções para 2005 e 2025 praticamente possuem o mesmo perfil de comportamento. Este cenário propõe uma evolução no percentual de eficiência do tratamento para os anos de 2015 e 2025, mantendo constante o percentual de coleta e tratamento para os anos de 2005 e 2015. Assim os resultados apresentam melhores para o ano de 2025 para as três vazões de permanência.

A figura 20 apresenta o cenário IDEAL para as três vazões de permanência, demonstrando a concentração de DBO ao longo do percurso do rio Palmital nos anos de 2005, 2015 e 2025.

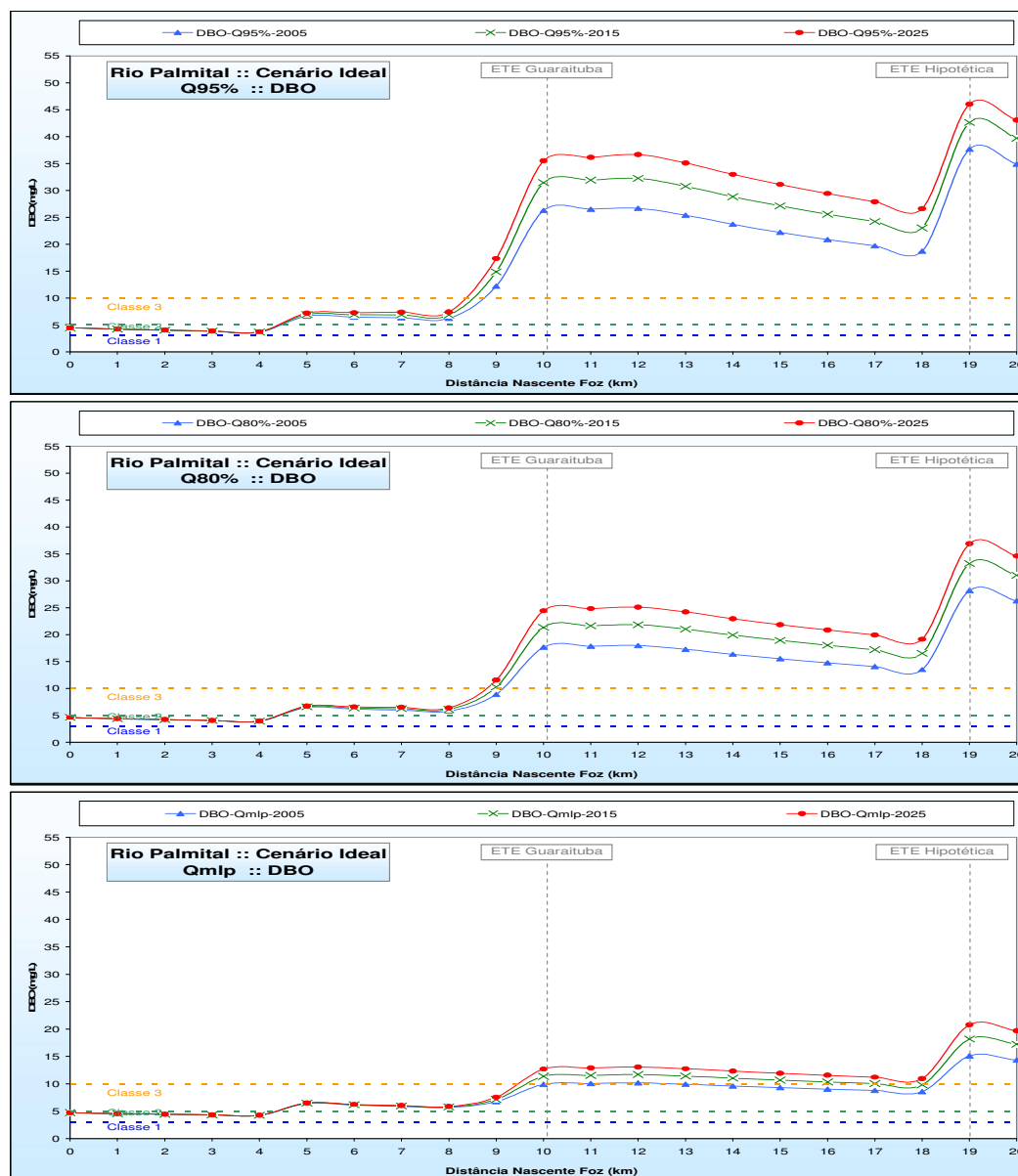
Para este cenário observa-se um aumento da concentração de DBO ao longo dos anos analisados, sendo que a implantação de medidas do cenário IDEAL proporciona diminuição dos valores de DBO para o ano de 2005, aumentando os valores à medida que acontecem as projeções para os anos de 2015 e 2025 para as três vazões simuladas.

Na vazão Q_{mip} observa-se menores valores para DBO ao longo do trecho do rio Palmital. Este cenário estabelece patamar constante de percentual de coleta, tratamento e eficiência para as projeções de 2005, 2015 e 2025. Sendo assim, os resultados condizem com o cenário proposto, sendo o incremento populacional o fator que leva a essas considerações.

Conclui-se que mesmo na reavaliação do cenário tendencial (diagnóstico e prognóstico) de qualidade da água, a vazão de referência que confere melhores condições, em termos de DBO, ao rio Palmital é a Q_{mip} com o cenário IDEAL, cujo percentual de coleta e tratamento é de 100% e de 95% para a eficiência de remoção da matéria orgânica, como era de se esperar.

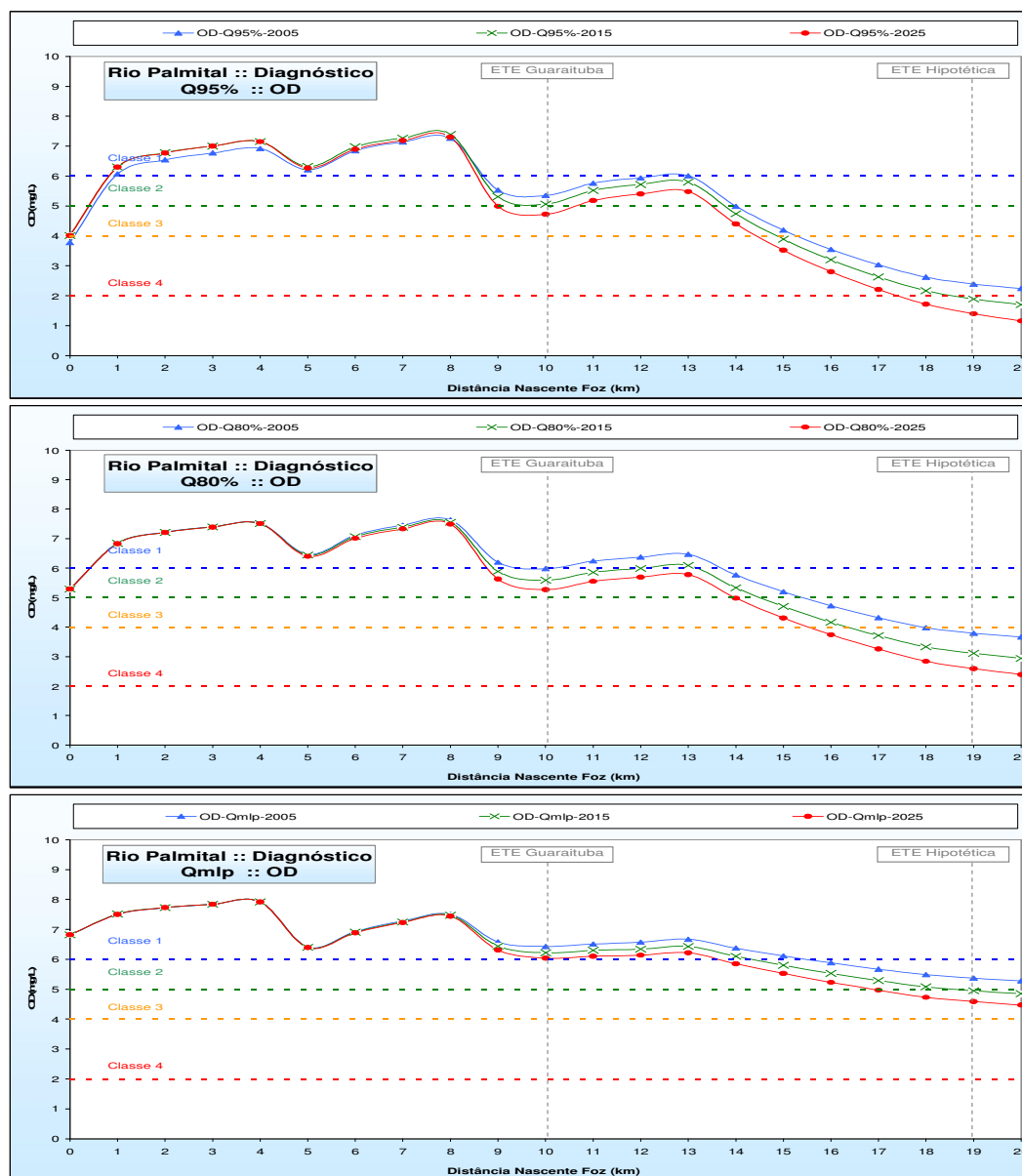
Esta condição possibilita o enquadramento na classe 2 da Resolução CONAMA 357/05 até o km 4, sendo que após este trecho é possível propor o enquadramento através de metas progressivas.

FIGURA 20 - PERFIL DE DBO – EVOLUÇÃO ANOS X VAZÃO – CENÁRIO IDEAL



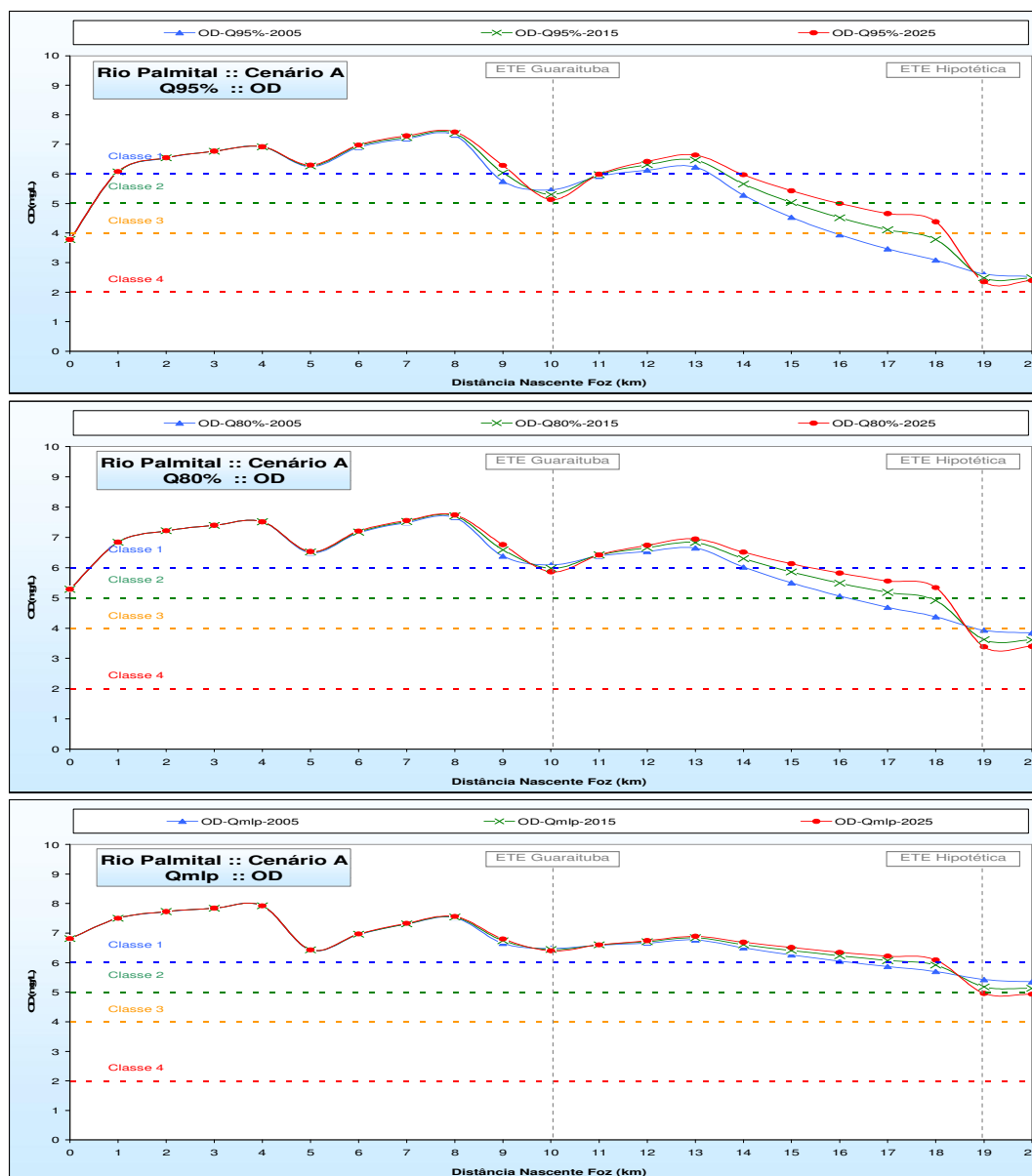
A figura 21 apresenta o cenário Diagnóstico para as três vazões de permanência, demonstrando a concentração de OD ao longo do percurso do rio Palmital nos anos de 2005, 2015 e 2025.

FIGURA 21 - PERFIL DE OD – EVOLUÇÃO ANOS X VAZÃO – DIAGNÓSTICO



Percebe-se uma diminuição da concentração de OD de 2005 para 2015, e deste para 2025, para todas as vazões de permanência analisadas, tendo em vista que não há para este cenário nenhuma medida de despoluição. O gráfico que apresenta maiores valores de OD ocorre na vazão de permanência Q_{mlp} , cujos valores de OD ficam acima de 4 mg/L.

FIGURA 22 - PERFIL DE OD – EVOLUÇÃO ANOS X VAZÃO – CENÁRIO A

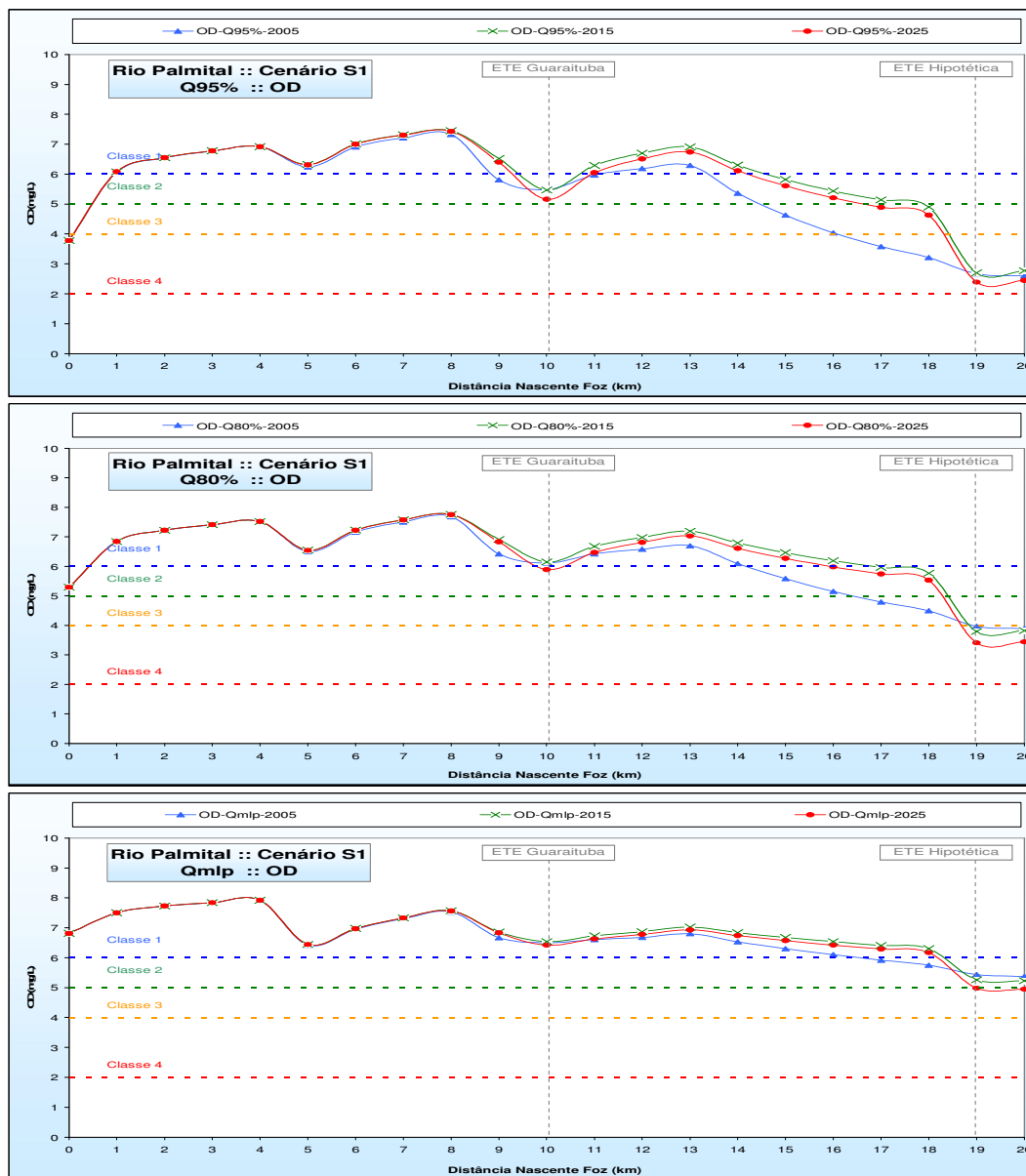


A figura 22 apresenta o cenário A para as três vazões de permanência, demonstrando a concentração de OD ao longo do percurso do rio Palmital nos anos de 2005, 2015 e 2025. Para este cenário observa-se aumento da concentração de OD de 2005 para 2015, e deste para 2025, para todas as vazões de permanência analisadas. A projeção para o ano de 2025 demonstra maiores valores da concentração de OD para as três vazões de permanência, sendo que os maiores valores aparecem na simulação para vazão Q_{mip} . Esta avaliação era esperada tendo

em vista que o cenário A estabelece significativo aumento no percentual de coleta, tratamento e eficiência para o ano de 2025.

A figura 23 apresenta o cenário S1 para as três vazões de permanência, demonstrando a concentração de OD ao longo do percurso do rio Palmital nos anos de 2005, 2015 e 2025.

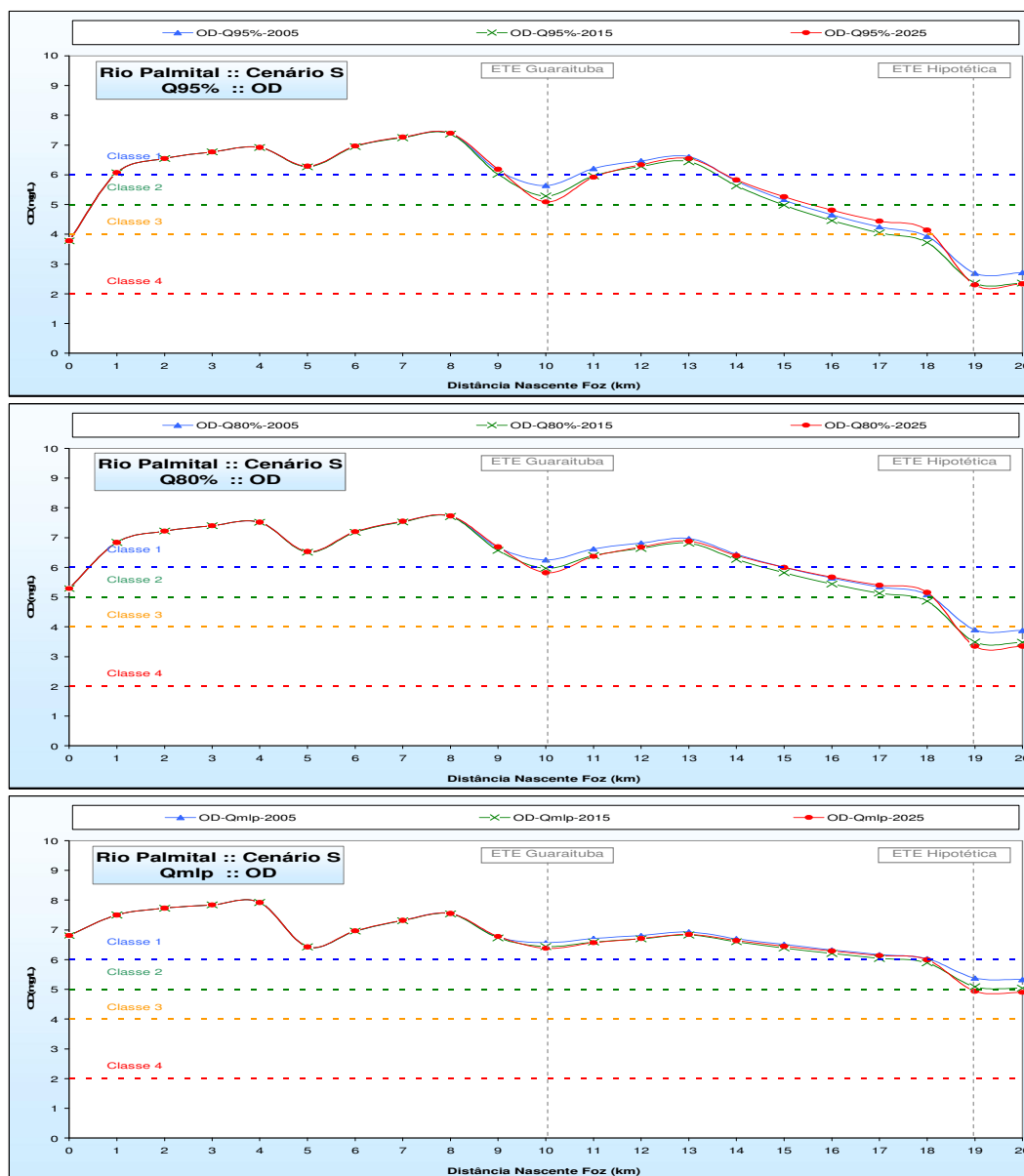
FIGURA 23 - PERFIL DE OD – EVOLUÇÃO ANOS X VAZÃO – CENÁRIO S1



Para este cenário observa-se a aumento da concentração de OD ao longo dos anos analisados, sendo que a projeção que apresentou maiores resultados de OD foi para o ano de 2015 para as três vazões de permanência analisadas. Na vazão Q_{mip} observa-se maiores valores para OD ao longo do trecho do rio Palmital. Este cenário possui a mesma proposta de medidas para os anos de 2015 e 2025, diferindo apenas no incremento populacional para os respectivos anos. Sendo assim, os resultados apresentam melhores para o ano de 2015 e para as três vazões de permanência.

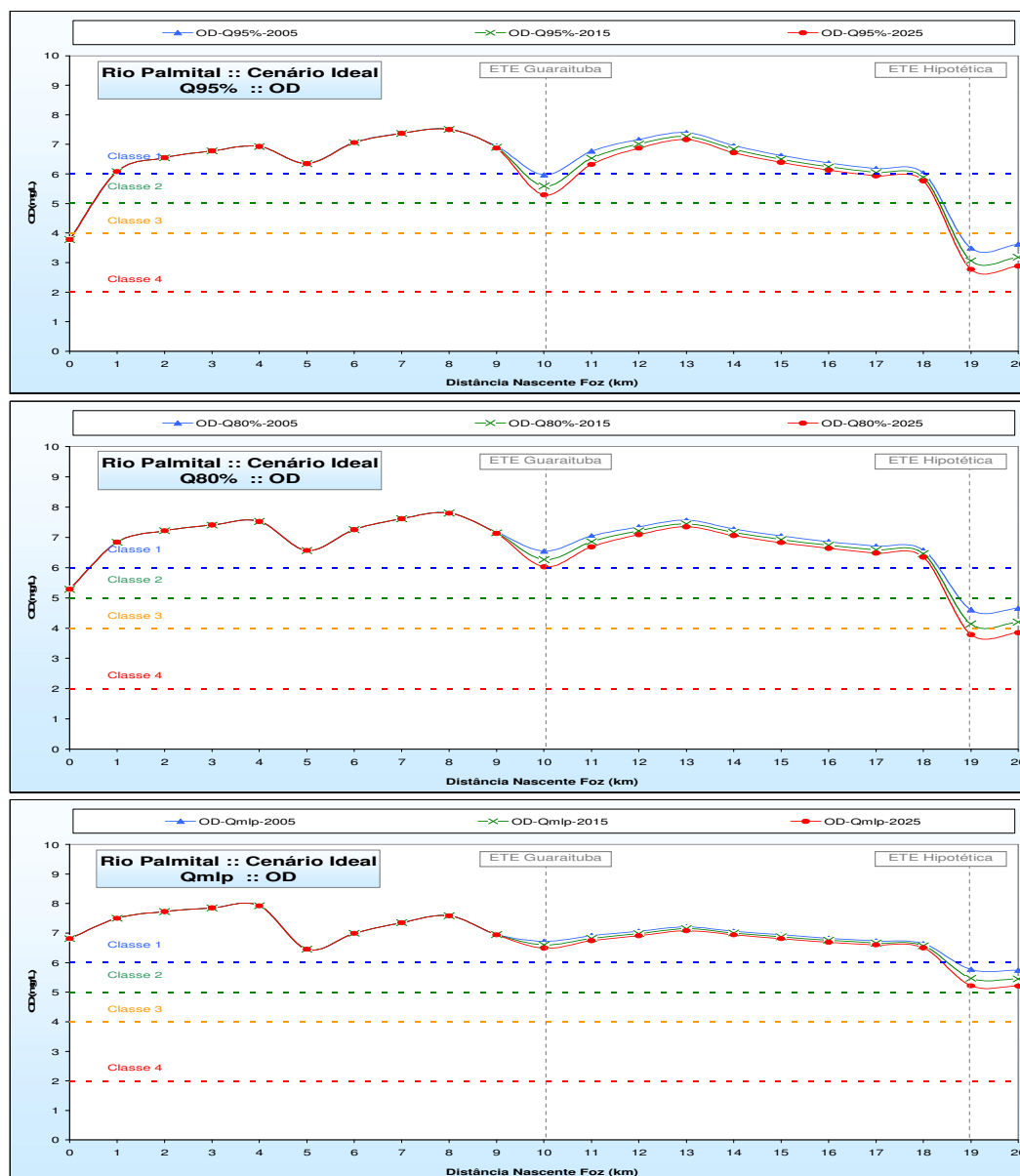
Na figura 24 é apresentado cenário S para as três vazões de permanência, demonstrando a concentração de OD ao longo do percurso do rio Palmital nos anos de 2005, 2015 e 2025. Para este cenário observa-se aumento da concentração de OD ao longo dos anos analisados, sendo que a projeção que apresentou maiores resultados de OD foi para a vazão de permanência Q_{mip} . O perfil da curva para as projeções 2005, 2015 e 2025 praticamente é o mesmo para o parâmetro OD. Este cenário propõe uma evolução no percentual de eficiência do tratamento para os anos de 2005, 2015 e 2025, mantendo constante o percentual de coleta e tratamento para os anos de 2005 e 2015, ocasionando pequena variação na concentração de OD nas projeções analisadas.

FIGURA 24 - PERFIL DE OD – EVOLUÇÃO ANOS X VAZÃO – CENÁRIO S



A figura 25 apresenta o cenário IDEAL para as três vazões de permanência, demonstrando a concentração de OD ao longo do percurso do rio Palmital nos anos de 2005, 2015 e 2025.

FIGURA 25 - PERFIL DE OD – EVOLUÇÃO ANOS X VAZÃO – CENÁRIO IDEAL



Para este cenário observa-se um aumento da concentração de OD ao longo dos anos analisados, sendo que a implantação de medidas do cenário IDEAL proporciona aumento dos valores de DBO para o ano de 2005, aumentando os valores à medida que acontecem as projeções para os anos de 2015 e 2025 para as três vazões simuladas. Na vazão Q_{mlp} observa-se maiores valores para OD ao longo do trecho do rio Palmital. Este cenário estabelece patamar constante de percentual de coleta, tratamento e eficiência para as projeções de 2005, 2015 e 2025. Sendo

assim, os resultados condizem com o cenário proposto, sendo o incremento populacional o fator que leva a essas considerações.

Conclui-se que na reavaliação do cenário tendencial (diagnóstico e prognóstico) de qualidade da água, a vazão de referência que confere melhores condições ao rio Palmital em termos de OD é a Q_{mip} através do cenário IDEAL, cujo percentual de coleta e tratamento é de 100% e de 95% para a eficiência de remoção da matéria orgânica.

Esta condição possibilita uma proposta de enquadramento nas classes 1 ou 2 da Resolução CONAMA 357/05.

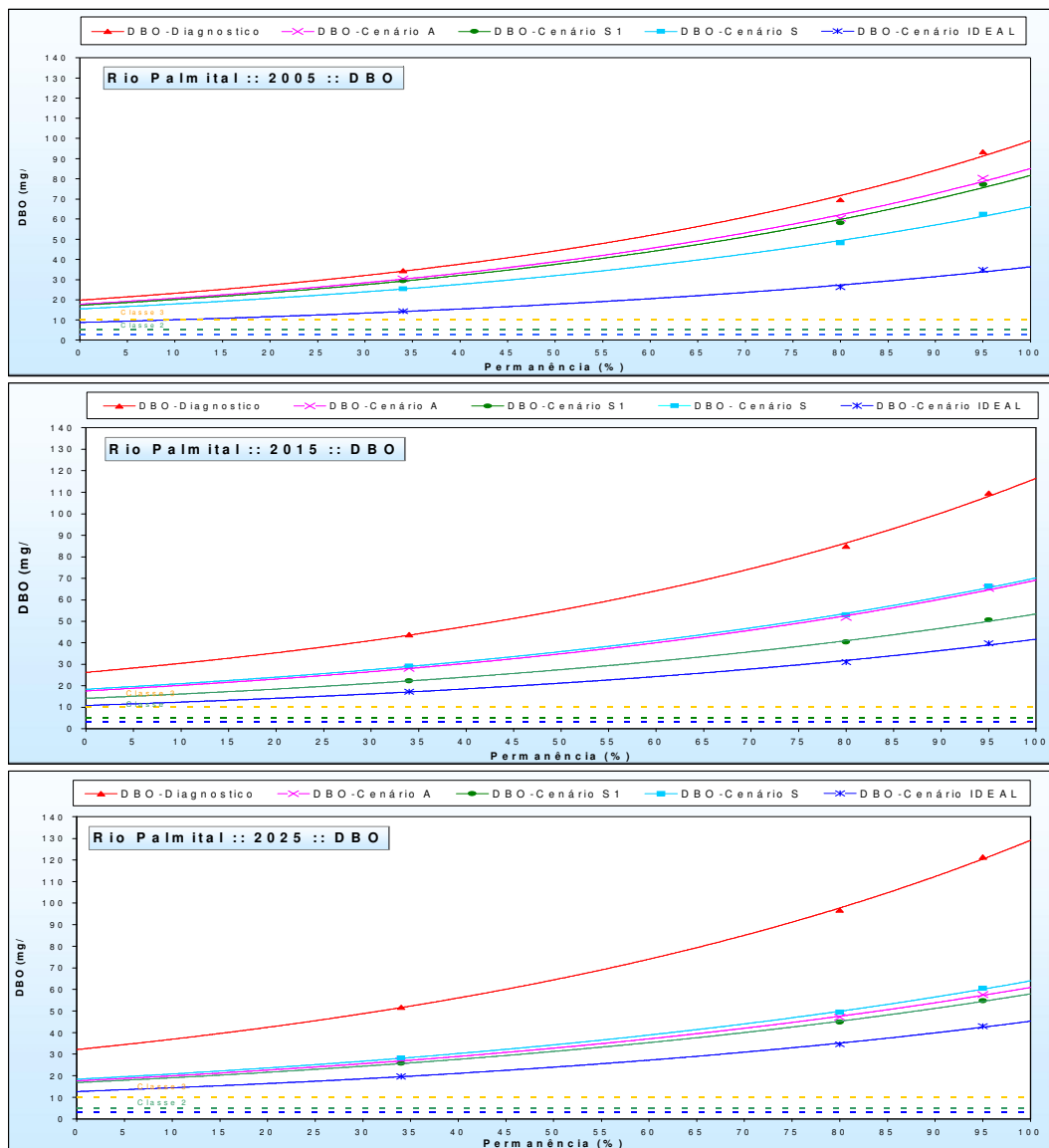
5.1.4 Enquadramento sob a Perspectiva do Risco – Foz do Rio Palmital

Visando avaliar os parâmetros DBO e OD na foz do rio Palmital para distintas vazões de permanência, foram realizadas simulações para os cenários Diagnóstico, A, S1, S e IDEAL nas projeções para 2005, 2015 e 2025. Os resultados das simulações de cenários, bem como as combinações de vazões estão demonstrados em forma de gráficos para melhor visualização e interpretação dos resultados.

A figura 26 contempla curva de permanência de DBO para os cenários Diagnóstico, A, S1, S e IDEAL e projeções para os anos de 2005, 2015 e 2025. Pode-se observar que para o ano de 2005, a aplicação de medidas resultou num decréscimo de concentração de DBO para todos os cenários avaliados, como esperado. A aplicação de medidas para o cenário IDEAL demonstrou a maior redução de poluição em termos de carga orgânica para todas as vazões de permanência avaliadas. Para uma vazão de 80% de permanência, por exemplo, a concentração de DBO para o cenário Diagnóstico é de 70 mg/L, para o cenário A de 60 mg/L, para o cenário S1 de 58 mg/L, cenário S de 48 mg/L e para o cenário IDEAL de 26 mg/L. Percebe-se que, para a vazão de 80% de permanência – $Q_{80\%}$, houve uma redução em torno de 62% da concentração de DBO do cenário Diagnóstico para o cenário IDEAL. Percebe-se ainda que mesmo com a implantação de medidas, o rio Palmital para o ano de 2005 não ficou enquadrado em nenhuma

classe conforme a Resolução CONAMA 357/05 para vazões Q_{mip} , $Q_{80\%}$ e $Q_{95\%}$. Somente para vazões de permanência abaixo de $Q_{15\%}$ o rio Palmital apresentou concentrações de DBO inferiores a 10 mg/L, permanecendo na classe 3. Para 2015 demonstra uma melhoria da qualidade da água do rio Palmital com a implantação das medidas correspondentes aos cenários avaliados. Entretanto, não foi possível o enquadramento em nenhuma das classes propostas pela Resolução CONAMA 357/05. Para todos os cenários avaliados, constata-se o aumento da concentração de DBO em relação ao ano de 2005 em função do aumento populacional previsto para o ano de 2015.

FIGURA 26 - EVOLUÇÃO DA PERMANÊNCIA: CENÁRIOS – ANOS – RIO PALMITAL – DBO

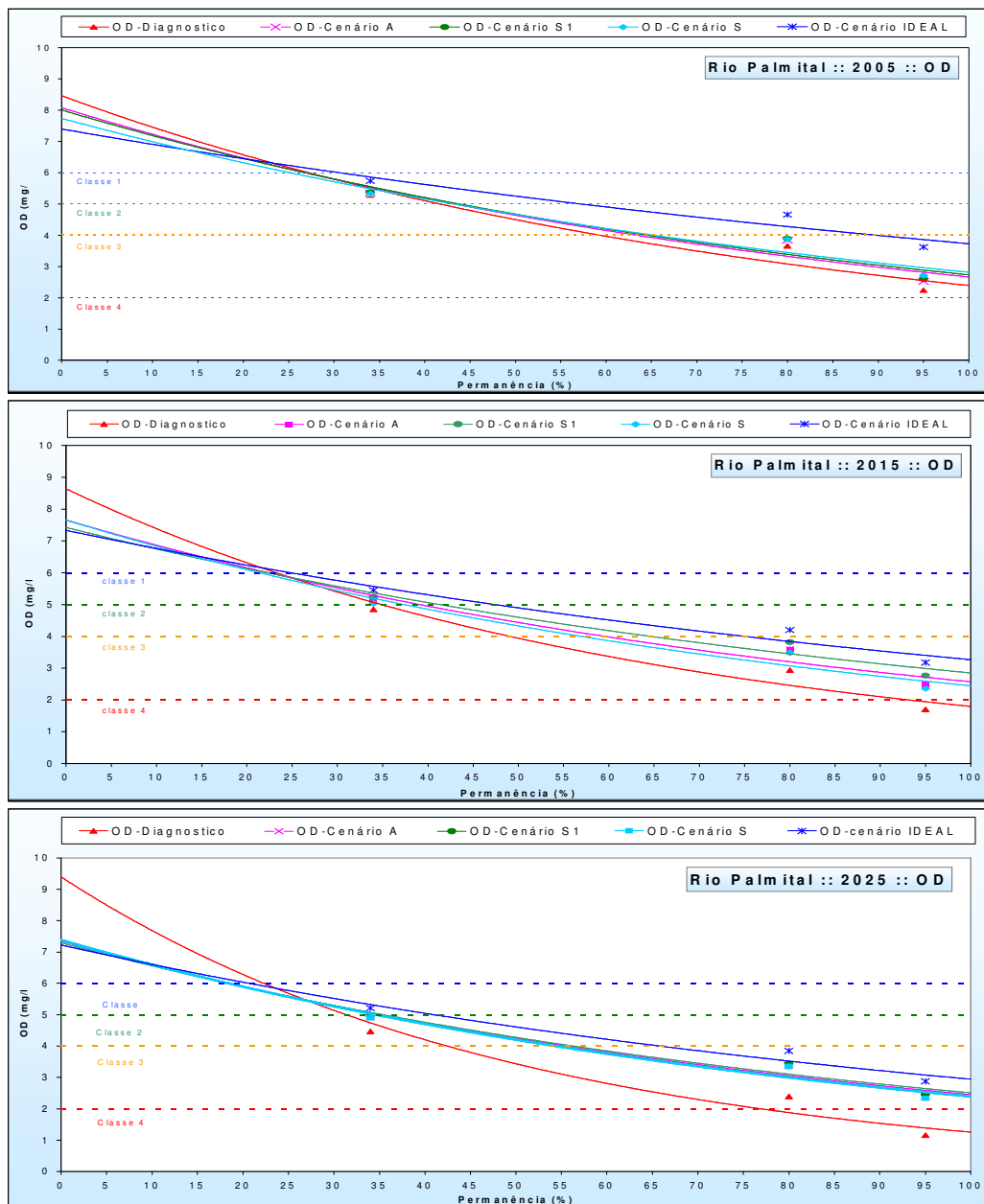


As medidas propostas para o rio Palmital no ano de 2025 refletem melhoria da qualidade da água em relação ao cenário Diagnóstico, mas não em relação aos cenários dos anos anteriores, como era de se esperar. As medidas de despoluição propostas pelos cenários A, S1, S e IDEAL não são suficientemente adequadas para permitir o enquadramento na classificação proposta pela Resolução CONAMA 357/05, tendo em vista o alto grau de poluição já existente no rio Palmital e em função do acréscimo populacional previsto na bacia. No entanto, fica evidente que

embora o rio Palmital não fique enquadrado em classe 2 na sua foz, uma melhoria significativa de qualidade da água é observada para distintas permanências de vazão.

A figura 27, por sua vez, permite avaliar a variação do parâmetro OD e vazões de permanência para os anos de 2005, 2015 e 2025. Observa-se que para o ano de 2005, a aplicação de medidas de despoluição resultou num acréscimo da concentração de OD para todos os cenários avaliados. O cenário IDEAL foi o que melhor simulou melhoria da qualidade da água em termos de OD para todas as vazões de permanência. Tomando como exemplo a vazão de permanência de 80% - $Q_{80\%}$, percebe-se um aumento na concentração de OD de varia de 3,7 mg/L para o cenário Diagnóstico a 4,7 mg/L para o cenário IDEAL, representando um acréscimo de 27%. Para os cenários A, S1 e S, na vazão de 80% de permanência - $Q_{80\%}$, o rio Palmital apresenta valores inferiores a 4 mg/L, limite mínimo para a classe 3 conforme a Resolução CONAMA 357/05. Para vazões de permanência abaixo de $Q_{65\%}$, a concentração de OD para os cenários A, S1 e S, as concentrações de OD apresentam-se nas classes 2 e 1 da mesma Resolução. Para o cenário IDEAL, a concentração mínima de OD é 3,6 mg/L para vazão de 95% de permanência $Q_{95\%}$, permitindo o enquadramento em classes superiores a 3, conferindo boa condição ao rio em termos de oxigênio dissolvido. Para a projeção de 2015, as medidas simuladas através dos cenários A, S1, S e IDEAL permitem uma elevação da concentração de OD. Para a vazão de 80% de permanência - $Q_{80\%}$, por exemplo, a concentração de OD passa de 2,9 mg/L do Diagnóstico para 4,2 mg/L com a implantação de medidas do cenário IDEAL. O aumento de 45% na concentração de OD no rio Palmital permite avaliar que, para este cenário e vazões de permanência abaixo de 75% - $Q_{75\%}$, o rio pode ser enquadrado na classe 3 ou superior, conforme a vazão requerida. Para todos os cenários avaliados, constata-se uma diminuição da concentração de OD em relação ao ano de 2005 em função do aumento populacional previsto para este ano. As projeções de resultados para 2025 se assemelham aos resultados de 2015 em termos de aumento na concentração de OD para as vazões de permanência estudadas.

FIGURA 27 - EVOLUÇÃO DA PERMANÊNCIA: CENÁRIOS – ANOS – RIO PALMITAL – OD



Em Q_{80%} de permanência, a concentração de OD para o diagnóstico passa de 2,4 mg/L para aproximadamente 3,9 mg/L no cenário IDEAL, representando um aumento de 62,5% na concentração de OD. Os cenários propostos permitem visualizar uma melhoria na concentração de OD ao longo do rio Palmital, enquadrando o rio no mínimo na classe 3 ou superior conforme a Resolução

CONAMA 357/05. Apesar do aumento percentual de acréscimo de OD do Diagnóstico ao cenário IDEAL nas projeções para 2005 (27,3%), 2015 (42,9%) e 2025 (61,1%), os valores absolutos de concentrações de OD, em mg/L, na vazão de 80% de permanência - $Q_{80\%}$ ficam menores (4,7; 4,2; 3,9) ao longo dos anos analisados.

A construção das curvas de permanências de vazões para os parâmetros DBO e OD permite avaliar o comportamento do rio no ponto avaliado, neste caso na foz do rio Palmital.

Novamente, repete-se o fato da melhoria da qualidade da água estar associada não somente em relação à remoção de carga, mas também ao efeito da frequência da vazão de referência.

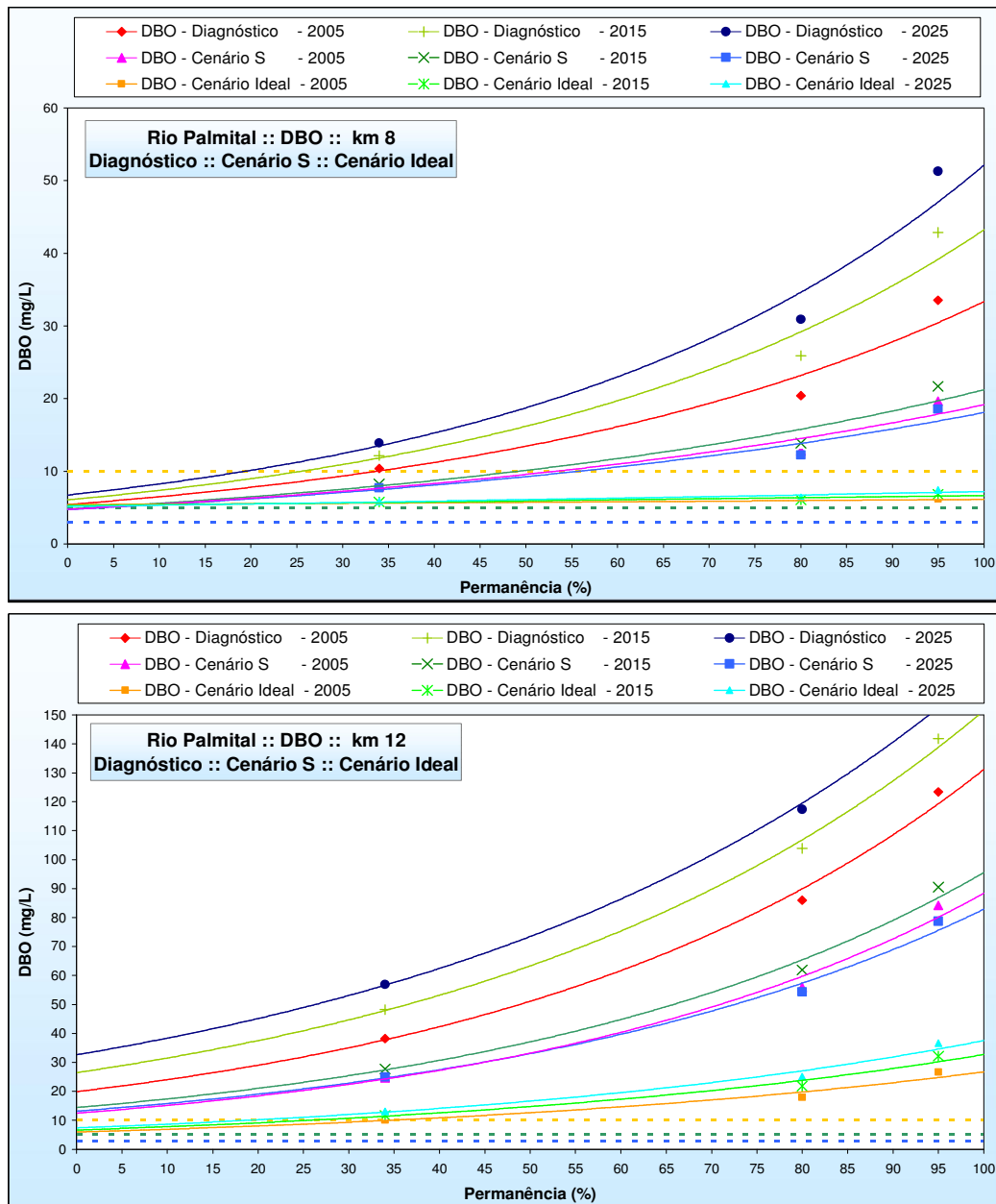
5.1.5 Avaliação da Qualidade da Água em Pontos Estratégicos ao Longo do Rio Palmital

Uma questão relevante pode surgir ao se avaliar a distribuição de cargas de poluição ao longo de um rio como o Palmital.

As figuras 28 e 29 a seguir representam os resultados de simulações em dois pontos intermediários ao longo do rio Palmital, com o intuito de se avaliar o comportamento das concentrações de DBO e OD antes e depois da Estação de Tratamento de Esgoto – ETE Guaraituba já existente na bacia, para os anos de 2005, 2015 e 2025. Foram escolhidos três cenários para a realização das simulações: Diagnóstico, S e IDEAL, nos pontos equivalentes aos km 8 e km 12, correspondendo aos elementos computacionais antes e depois da ETE Guaraituba.

A figura 28 compila os resultados de DBO para o km 8 e km 12. Os gráficos correspondentes ao km 8, ou seja, antes da ETE Guaraituba, apresentam melhoria na qualidade da água com a implantação de medidas conforme cenário S e IDEAL. Para a vazão de 80% de permanência - $Q_{80\%}$, ano de 2005, a DBO para o cenário Diagnóstico é de 20 mg/L, diminuindo com a aplicação de medidas correspondentes ao cenário S, assumindo valor de 13 mg/L e para o cenário IDEAL o valor da concentração da DBO são de 6 mg/L. Percebe-se uma redução de 70% na concentração de DBO passando do Diagnóstico para o cenário IDEAL.

FIGURA 28 - EVOLUÇÃO DA PERMANÊNCIA DBO – RIO PALMITAL KM 8 E KM12



Os resultados provenientes das simulações para o km 12, depois da ETE Guaraituba, também demonstram melhorias da qualidade da água com a implantação de medidas de despoluição correspondentes aos cenários S e IDEAL. Para a vazão de permanência de 80% - $Q_{80\%}$, ano de 2005, a DBO no cenário Diagnóstico é de 86 mg/L, diminuindo com a aplicação de medidas correspondentes ao cenário S, assumindo valor de 56 mg/L e para o cenário IDEAL o valor da

concentração da DBO são de 18 mg/L. Percebe-se uma redução de 79% na concentração de DBO passando do Diagnóstico para o cenário IDEAL.

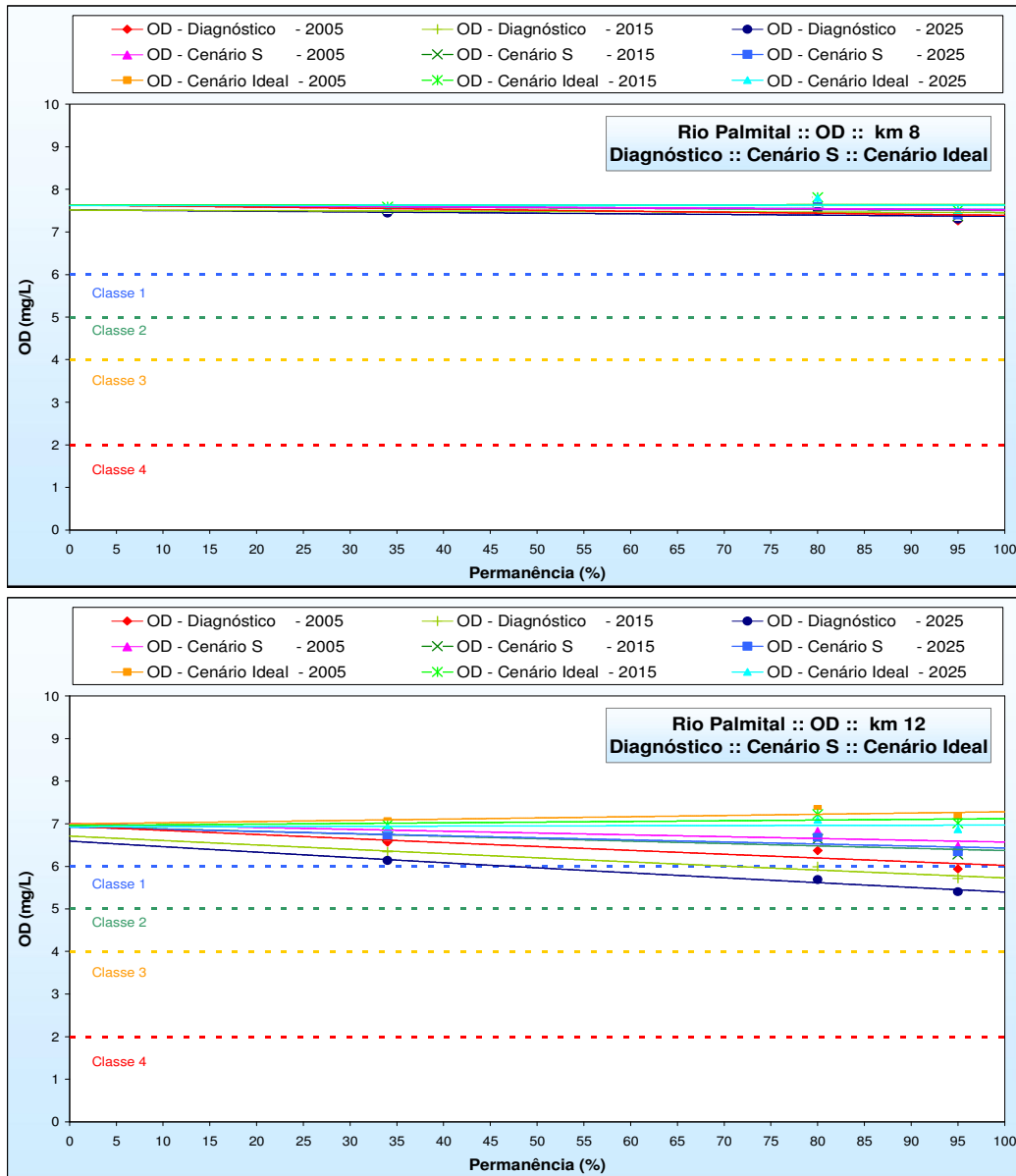
É possível constatar um aumento percentual de redução na concentração de DBO depois da ETE Guaraituba, mesmo com o acréscimo populacional previsto para a bacia do rio Palmital.

É importante citar que na matriz de fontes de poluição, imediatamente antes do ponto da ETE Guaraituba (km 9), há uma contribuição considerável de esgotamento doméstico proveniente da população assentada na bacia que não é atendida por rede coletora, incidindo como fonte pontual na simulação do modelo de qualidade da água. As simulações no km 12 contam com a contribuição de vazão da ETE Guaraituba, que para todos os cenários avaliados a ETE permaneceu com uma eficiência de 80% de remoção na carga orgânica em termos de DBO. O aumento do percentual de coleta e tratamento na bacia foi dimensionado na ETE Hipotética, situada no km 19 para efeitos de simulação no modelo QUAL2E. Para o cenário IDEAL, tanto os resultados das simulações no km 8 como no km 12 demonstram a atuação da ETE Guaraituba na diminuição da concentração de DBO em comparação aos demais cenários. No km 8, pode-se ainda observar que somente para o cenário IDEAL, as concentrações de DBO ficam abaixo de 8 mg/L para todas as vazões de permanência, possibilitando o enquadramento no mínimo na classe 3 conforme Resolução CONAMA 357/05. Para o km 12, esta mesma análise somente é possível para vazões inferiores a 35% de permanência correspondente ao ano de 2005.

Na figura 29 estão apresentados os resultados do parâmetro OD para as simulações nos km 8 e 12, correspondendo aos cenários Diagnóstico, S e IDEAL.

As simulações realizadas demonstram que as concentrações de OD, no km 8, não variam para diferentes vazões de permanência, com valores superiores a 7,5 mg/L para os cenários avaliados e projeções 2005, 2015 e 2025.

FIGURA 29 - EVOLUÇÃO DA PERMANÊNCIA OD – RIO PALMITAL KM 8 E KM12



No entanto, percebe-se uma pequena melhoria na concentração de OD para o cenário IDEAL. Nas simulações do km 12, é possível constatar um aumento na concentração de OD do Diagnóstico ao cenário IDEAL. Para a vazão de 80% de permanência - $Q_{80\%}$, por exemplo, a concentração de OD para o Diagnóstico é de 5,7 mg/L para projeção de 2025, passando para 7,0 mg/L no cenário IDEAL e mesmo ano de projeção, representando um incremento de 22,8% na concentração

de OD. Observa-se ainda que a implantação dos cenários S e IDEAL possibilitam o enquadramento do rio Palmital na classe 1, com limite mínimo de 6,0mg/L de OD conforme Resolução CONAMA 357/05.

A avaliação da qualidade da água em pontos considerados estratégicos no rio Palmital permite verificar a influência da ETE Guaraituba, apontando que as medidas de despoluição provenientes do cenário IDEAL correspondem aos melhores resultados das simulações.

5.1.6 Resultados da Função de Custos para as Simulações dos Cenários A, S1, S e IDEAL na Bacia Hidrográfica do Rio Palmital

5.1.6.1 Avaliação de custo dos cenários

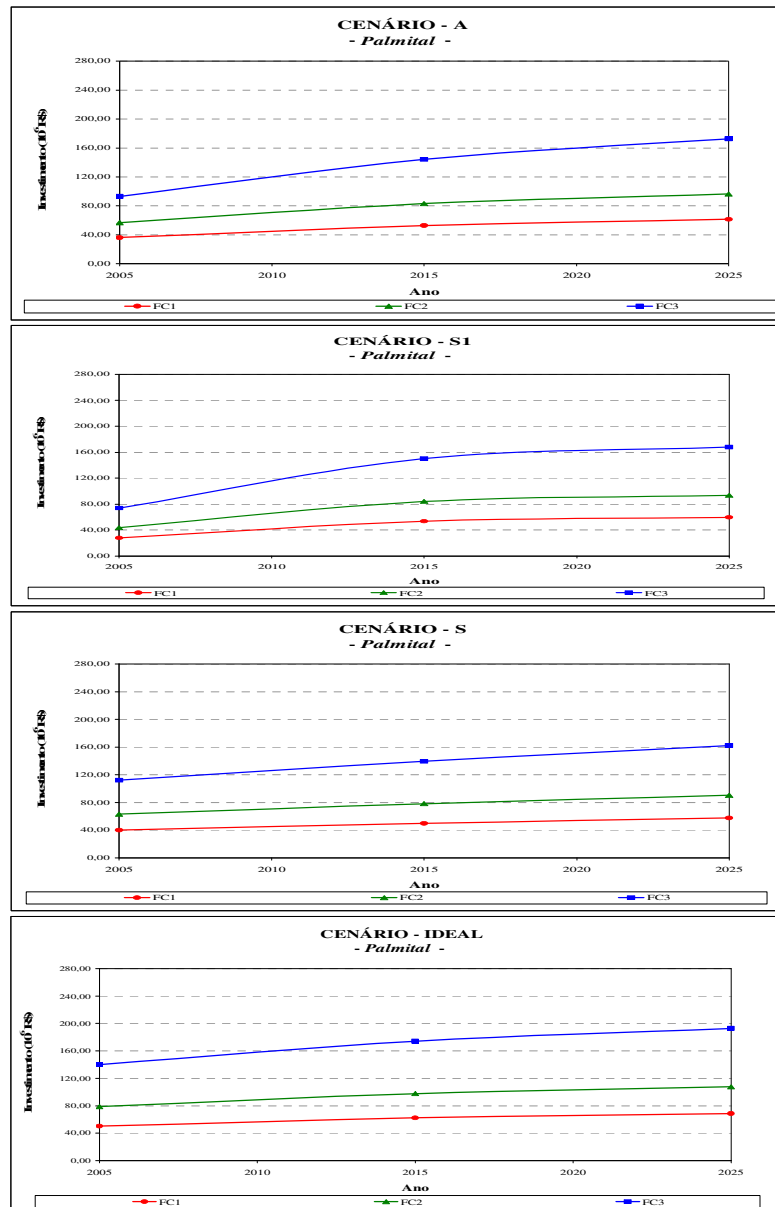
Os custos relacionados à implantação de medidas de despoluição foram avaliados através das funções de custos conforme estabelecido no capítulo anterior. As estimativas de custos foram realizadas através das três curvas FC1, FC2 e FC3. Os resultados foram tabulados em gráficos, demonstrando os custos de implantação dos cenários A, S1, S e IDEAL no decorrer dos anos de projeções.

Na figura 30, é possível visualizar os custos referentes à implantação dos quatro cenários para as projeções 2005, 2015 e 2025, na bacia hidrográfica do rio Palmital, conforme dados apresentados na tabela 4. Como previsto, a FC3 apresenta os maiores valores para todos os cenários avaliados, seguidos da FC2 e FC1, atestando a proporcionalidade entre as funções.

Para o cenário A, observa-se que os custos de implantação obtidos nas funções de custos aumentam para as projeções de 2005, 2015 e 2025. Para este cenário, os custos das medidas de despoluição são relativamente altos, totalizando R\$ 172,76 milhões para FC3 até 2025. Percebe-se que a previsão de investimentos é maior em 2005, em torno de R\$ 93 milhões, representando mais de 50% do total necessário, tendo em vista que para este cenário há um aumento significativo do percentual de coleta em relação ao Diagnóstico, ou seja, o percentual aumenta de 21% para 80% conforme proposto na tabela 4.

No cenário S1, o total previsto de investimentos é em torno de R\$ 167,97 milhões na FC3, valor inferior ao cenário A. Observa-se que uma previsão de investimentos em 2015 relativamente altos, em torno de R\$ 150,31 milhões, ou seja, quase 90% dos recursos totais previstos para esse cenário deverão ser investidos até 2015. Isso é explicado em função do elevado percentual de coleta e tratamento, permanecendo assim até a projeção para 2025.

FIGURA 30 - CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO DOS CENÁRIOS A, S1, S E IDEAL



Os custos finais estimados para cenário S na FC3 são próximos aos valores obtidos no cenário A, ou seja, em torno de R\$ 162,13 milhões, tendo em vista que os percentuais de coleta, tratamento e eficiência para os anos de 2015 e 2025 são parecidos. Entretanto, os investimentos previstos no cenário S para 2005 são altos, em torno de R\$ 112,05 milhões, pois este cenário prevê inicialmente maior índice de cobertura de coleta.

O último gráfico da figura 30 apresenta os custos relativos ao cenário IDEAL. Percebe-se que os custos para este cenário são mais elevados em relação aos demais, totalizando investimentos na ordem de R\$ 192,81 milhões, obtidos a partir da FC3. Percebe-se que para este cenário os investimentos iniciais são elevados, estimados em R\$ 140,00 milhões, representando 73% do montante total necessário.

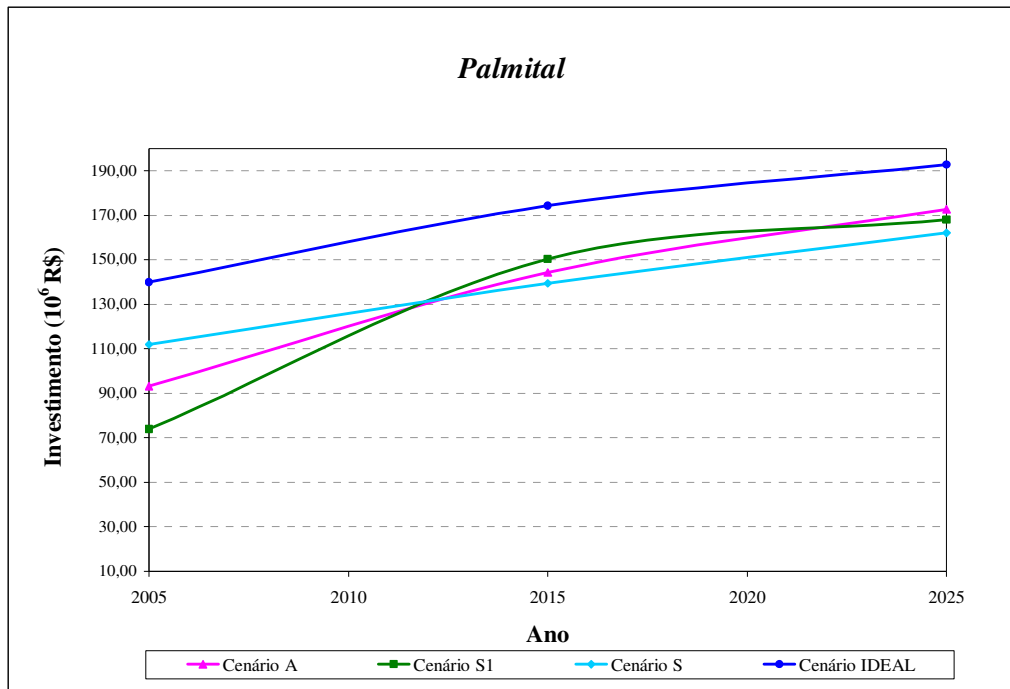
Na tabela 6 são apresentados os investimentos totais relativos aos cenários avaliados, calculados através da FC1, FC2 e FC3, sintetizando a análise demonstrada na figura 31.

TABELA 6 - CUSTO DOS CENÁRIOS – PALMITAL

| CENÁRIOS | CUSTOS (10 ⁶ R\$) | | |
|-------------|------------------------------|--------|--------|
| | FC1 | FC2 | FC3 |
| Diagnóstico | | | |
| A | 61,31 | 96,26 | 172,76 |
| S1 | 59,62 | 93,60 | 167,97 |
| S | 57,56 | 90,37 | 162,13 |
| IDEAL | 68,61 | 107,72 | 192,81 |

Na figura 31 foram apresentadas curvas resultantes da FC3 para todos os cenários avaliados. É possível comparar os custos de implantação das medidas de despoluição e constatar que o menor investimento para a bacia é de R\$ 162,13 milhões correspondente ao cenário S e, como já previsto anteriormente, o maior investimento se dá no cenário IDEAL, cujo montante é de R\$ 192,81 milhões.

FIGURA 31 - CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO DOS CENÁRIOS A, S1, S E IDEAL – FC3



5.1.6.2 Avaliação de eficácia dos investimentos

A aplicação de medidas de despoluição através dos cenários propostos reduz a carga poluidora no rio Palmital, mensurado pelos parâmetros DBO e OD, como apresentado nos itens 5.1.1 e 5.1.2. No sentido de verificar a eficácia dos investimentos, a tabela 7 apresenta o agrupamento de resultados das estimativas de custos dos cenários: A, S1, S e IDEAL nas funções de custos FC1, FC2 e FC3 para os anos de 2005, 2015 e 2025. Arelados a estas informações, foram demonstrados os valores dos parâmetros DBO e OD na foz e no ponto médio do rio Palmital (km 8), incluindo o cenário Diagnóstico, com a intenção de comparar e avaliar os investimentos aplicados nas medidas através dos cenários.

TABELA 7 - CUSTOS DAS MEDIDAS DE DESPOLUIÇÃO E CONCENTRAÇÃO DE DBO E OD NA FOZ E PONTO MÉDIO (KM 8) – RIO PALMITAL

| CUSTOS MEDIDAS DE DESPOLUIÇÃO - PALMITAL - ANO 2005 | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------------|--------|--------|------------------|------|-----------|------|------------------|------|-----------|------|------------------|------|-----------|------|
| CENÁRIOS | CUSTOS (10 ⁶ R\$) | | | Q _{95%} | | | | Q _{80%} | | | | Q _{mlp} | | | |
| | | | | DBO (mg/L) | | OD (ml/L) | | DBO (mg/L) | | OD (ml/L) | | DBO (mg/L) | | OD (ml/L) | |
| | FC1 | FC2 | FC3 | FOZ | km 8 | FOZ | km 8 | FOZ | km 8 | FOZ | km 8 | FOZ | km 8 | FOZ | km 8 |
| Diagnóstico | | | | 93 | 34 | 24 | 7,3 | 70 | 20 | 3,7 | 7,6 | 34 | 10 | 5,3 | 7,5 |
| A | 36,13 | 56,72 | 93,23 | 80 | 28 | 2,5 | 7,3 | 60 | 17 | 3,8 | 7,7 | 30 | 9 | 5,4 | 7,5 |
| S1 | 27,96 | 43,90 | 73,99 | 77 | 26 | 2,6 | 7,3 | 58 | 16 | 3,9 | 7,7 | 29 | 9 | 5,4 | 7,5 |
| S | 40,15 | 63,04 | 112,05 | 62 | 20 | 2,7 | 7,4 | 48 | 13 | 3,9 | 7,7 | 26 | 8 | 5,3 | 7,6 |
| IDEAL | 50,18 | 78,78 | 139,99 | 35 | 6 | 3,6 | 7,5 | 26 | 6 | 4,7 | 7,8 | 14 | 6 | 5,7 | 7,6 |
| CUSTOS MEDIDAS DE DESPOLUIÇÃO - PALMITAL - ANO 2015 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Diagnóstico | | | | 110 | 43 | 1,7 | 7,4 | 85 | 26 | 2,9 | 7,6 | 44 | 12 | 4,9 | 7,5 |
| A | 52,85 | 82,98 | 144,27 | 65 | 22 | 2,5 | 7,4 | 52 | 14 | 3,6 | 7,7 | 28 | 8 | 5,1 | 7,5 |
| S1 | 53,52 | 84,02 | 150,31 | 51 | 13 | 2,8 | 7,5 | 40 | 9 | 3,8 | 7,8 | 22 | 7 | 5,2 | 7,6 |
| S | 49,73 | 78,07 | 139,47 | 66 | 22 | 2,4 | 7,4 | 53 | 14 | 3,5 | 7,7 | 29 | 8 | 5,0 | 7,5 |
| IDEAL | 62,51 | 97,57 | 174,24 | 40 | 7 | 3,2 | 7,5 | 31 | 6 | 4,2 | 7,8 | 17 | 6 | 5,5 | 7,6 |
| CUSTOS MEDIDAS DE DESPOLUIÇÃO - PALMITAL - ANO 2025 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Diagnóstico | | | | 121 | 51 | 1,2 | 7,3 | 97 | 31 | 2,4 | 7,5 | 52 | 14 | 4,5 | 7,4 |
| A | 61,31 | 96,26 | 172,76 | 58 | 17 | 2,4 | 7,4 | 47 | 11 | 3,4 | 7,7 | 27 | 7 | 5,0 | 7,6 |
| S1 | 59,62 | 93,60 | 167,97 | 55 | 15 | 2,5 | 7,4 | 45 | 11 | 3,4 | 7,8 | 26 | 7 | 5,0 | 7,6 |
| S | 57,56 | 90,37 | 162,13 | 61 | 19 | 2,3 | 7,4 | 50 | 12 | 3,4 | 7,7 | 28 | 8 | 5,0 | 7,6 |
| IDEAL | 68,61 | 107,72 | 192,81 | 43 | 7 | 2,9 | 7,5 | 35 | 6 | 3,9 | 7,8 | 20 | 6 | 5,2 | 7,6 |

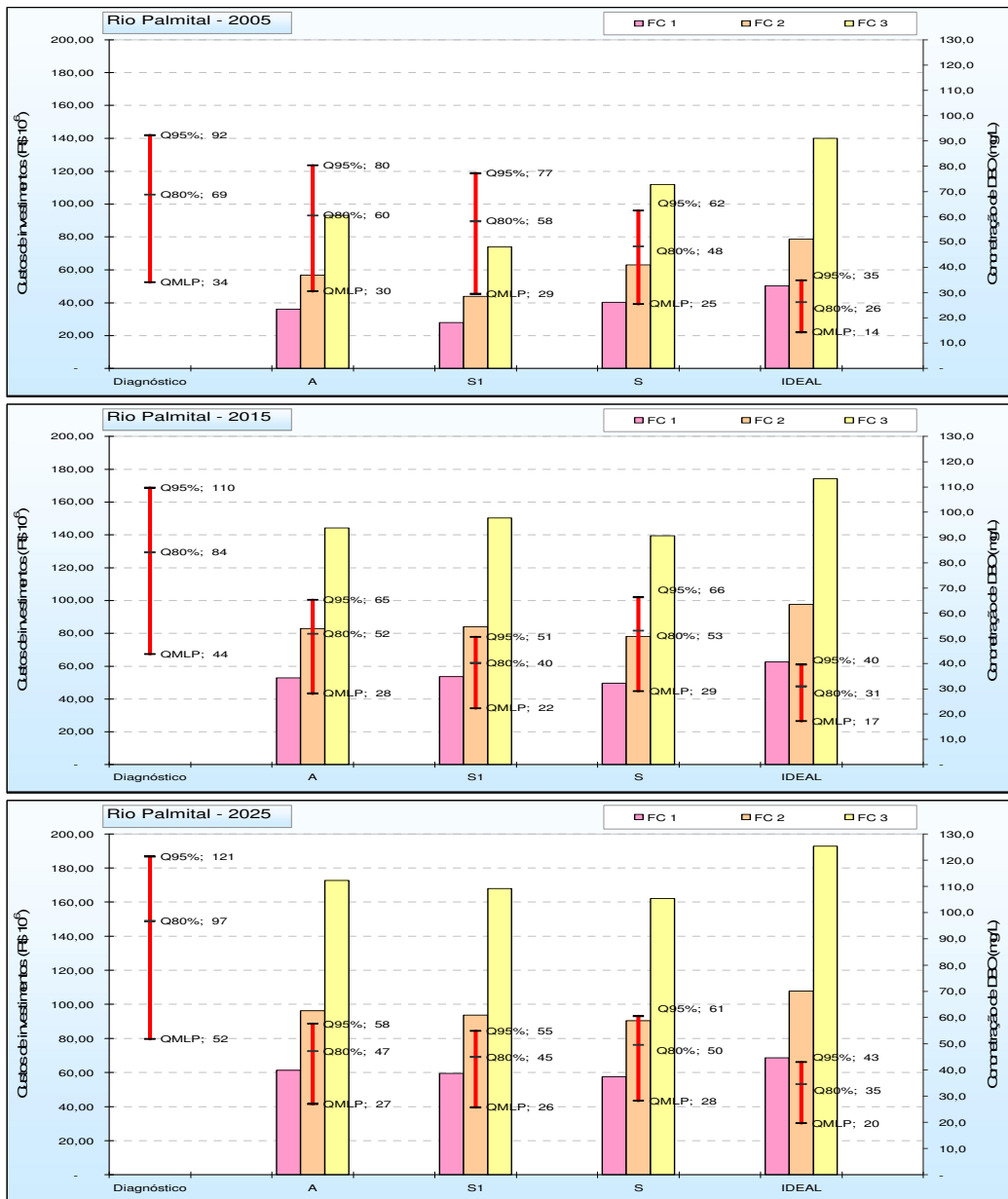
Apresentando os resultados de DBO na foz e no ponto médio provenientes de cada cenário e comparando com os investimentos previstos através da FC1, FC2 e FC3, é possível fazer a seguinte avaliação:

- o cenário A, que prevê alto índice de coleta e baixo percentual de tratamento para 2005, aumentando gradativamente esses percentuais em 2015 e 2025, assume valores estimados de investimentos de aproximadamente R\$ 61 milhões na FC1, com desembolsos parciais aproximados de R\$ 36 em 2005 e R\$ 17 milhões em 2015 e R\$ 8,46 milhões até 2025. Na FC3 os valores são da ordem de R\$ 173 milhões, com desembolsos parciais de R\$ 93 milhões em 2005, R\$ 51 milhões em 2015 e R\$ 28 milhões em 2025. Observa-se redução nos valores de DBO em relação ao cenário Diagnóstico. Porém, a redução não é suficiente ao longo dos anos de forma a permitir o enquadramento nas classes indicadas na Resolução CONAMA 357/05, exceto no ponto médio e na Q_{MLP} para as projeções analisadas, ficando abaixo de 10 mg/L.
- o cenário S1 prevê um percentual de coleta inferior ao cenário A para 2005, evoluindo para 100% de coleta e tratamento nos 2015 e 2025, correspondendo aos custos FC1 de aproximadamente R\$ 60 milhões e R\$ 168 milhões na FC3, tendo os desembolsos parciais em 2015 e 2025. Observa-se uma redução nos valores da DBO em relação ao cenário anterior, entretanto, os valores abaixo de 10 mg/L somente foram observados no ponto médio para $Q_{80\%}$ em 2015 e na vazão Q_{mlp} para as projeções analisadas.
- o cenário S contempla elevado percentual de coleta para 2005 com evolução para 2015 e 2025, porém com 100% de tratamento para as três projeções. Os recursos estimados são da ordem de R\$ 58 milhões na FC1 e R\$ 162 milhões na FC3, com desembolsos parciais em 2015 e 2025. Percebe-se neste cenário uma melhoria na qualidade da água do rio Palmital em termos de diminuição de valores de DBO em relação aos cenários anteriores, porém ainda não é possível obter valores para DBO que permitam seu enquadramento, excetuando os valores correspondentes à vazão Q_{mlp} para o ponto médio nas projeções de 2005, 2015 e 2025.

- o cenário IDEAL é aquele que corresponde a 100% de coleta e tratamento, com 95% de eficiência para todos os anos analisados. Como era de se esperar, os investimentos são superiores aos cenários A, S1 e S e seus valores aproximados são de R\$ 69 milhões na FC1, com desembolsos parciais de R\$ 12 milhões em 2015 e R\$ 6 milhões em 2025. Na FC3, os valores estimados são de R\$ 193 milhões, com desembolsos parciais de R\$ 34 milhões em 2015 e R\$ 19 milhões até 2025. Constatou-se uma sensível melhoria da qualidade da água, sendo que os valores de DBO para todas as vazões de permanência e projeções ficaram bastante reduzidos, tanto na foz como no ponto médio. Para as três vazões de permanência analisadas no ponto médio, os valores de DBO ficaram abaixo de 8 mg/L, permitindo o enquadramento nas classes 3 da Resolução CONAMA 357/05.

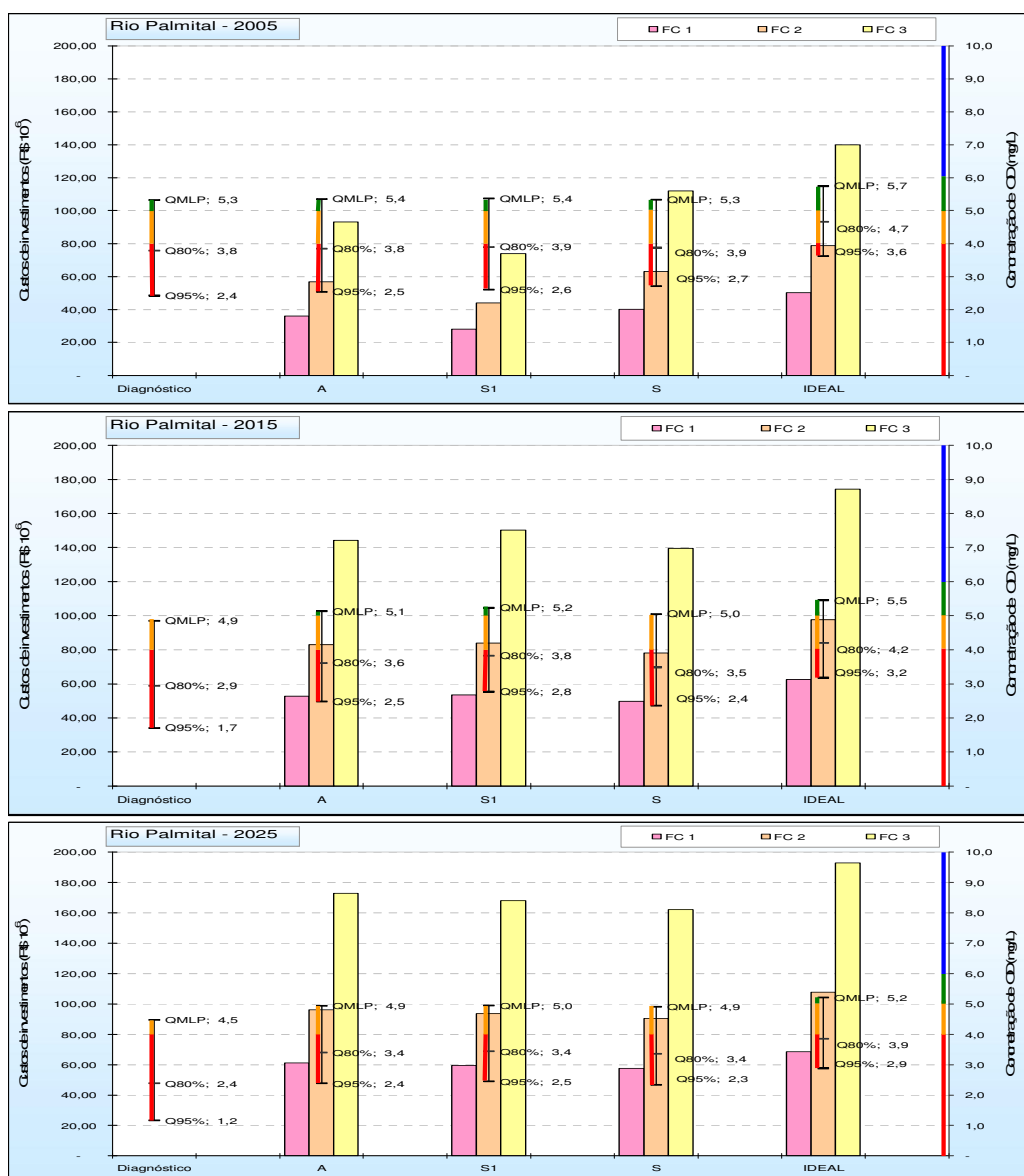
A figura 32 demonstra as informações de custos estimados nas funções FC1, FC2 e FC3 para cada cenário avaliado e os valores obtidos de DBO na foz do rio Palmital. Aliados a estas informações foram tabulados os valores correspondentes às vazões $Q_{95\%}$, $Q_{80\%}$ e Q_{mip} e as classes de qualidade de água segundo a Resolução CONAMA 357/05. Nesta figura, é possível verificar em 2025 os custos totais de investimentos necessários para a remoção da carga orgânica poluidora no rio Palmital ao longo do período de projeto conforme cada cenário proposto. Para exemplificar a análise da figura, o cenário A representa um custo total de aproximadamente R\$ 173 milhões na FC3, na foz do rio com valores de DBO de 58 mg/L, 47 mg/L e 27 mg/L para as vazões $Q_{95\%}$, $Q_{80\%}$ e Q_{mip} , respectivamente. Os valores poderão ser investidos parceladamente em 2005 e 2015 como mostra a figura, até a obtenção do custo total em 2025. Percebe-se que este cenário não é possível sugerir o enquadramento, tendo em vista os valores elevados de DBO para todas as vazões de permanência. Entretanto, observa-se uma redução da DBO neste cenário em relação ao Diagnóstico.

FIGURA 32 - FUNÇÃO CUSTO X CENÁRIOS X CONCENTRAÇÃO DE DBO NA FOZ – RIO PALMITAL



Na figura 33 é possível visualizar as mesmas informações demonstradas na figura anterior, porém, para o parâmetro OD. Para o cenário A, com investimentos totais de R\$173 milhões na FC3, percebe-se uma elevação dos valores de OD superiores a 2,0 mg/L, permitindo sugerir o enquadramento no mínimo na classe 2 da resolução CONAMA 357/05 na sua foz.

FIGURA 33 - FUNÇÃO CUSTO X CENÁRIOS X CONCENTRAÇÃO DE OD NA FOZ – RIO PALMITAL



5.1.7 Proposta de Enquadramento do Rio Palmital sob a ótica do Usuário de Recursos Hídricos

As propostas de enquadramento deverão ser estabelecidas de acordo com a Resolução CNRH nº 12, que define procedimentos para o enquadramento de corpos

de água em classes segundo os usos preponderantes. Em seu Art. 4º, a mesma Resolução define que a proposta de enquadramento de corpos de água deverá ser desenvolvida em conformidade com o Plano de Recursos Hídricos da bacia e os Planos de Recursos Hídricos Estadual ou Distrital, Regional e Nacional e, se não existirem ou forem insuficientes, com base em estudos específicos propostos e aprovados pelas respectivas instituições competentes do sistema de gerenciamento dos recursos hídricos, observando as seguintes etapas:

- diagnóstico do uso e da ocupação do solo e dos recursos hídricos na bacia hidrográfica;
- prognóstico do uso e da ocupação do solo e dos recursos hídricos na bacia hidrográfica;
- elaboração da proposta de enquadramento;
- aprovação da proposta de enquadramento e respectivos atos jurídicos.

Na etapa de diagnóstico do uso e da ocupação do solo e dos recursos hídricos (Art. 5º) devem ser abordados os seguintes itens:

- caracterização geral da bacia;
- aspectos jurídicos e institucionais;
- aspectos sócio-econômicos;
- uso e ocupação atual do solo;
- identificação das áreas reguladas por legislação específica e das áreas em processo de degradação;
- usos, disponibilidade e demanda atual de águas superficiais e subterrâneas;
- identificação das fontes de poluição pontuais e difusas atuais oriundas de efluentes domésticos e industriais, de atividades agropecuárias e de outras fontes causadoras de degradação ambiental sobre os recursos hídricos;
- estado atual dos corpos hídricos.

A Resolução também define que o prognóstico do uso e da ocupação do solo e dos recursos hídricos na bacia hidrográfica será formulado através de projeções com horizontes de curto, médio e longo prazo, objetivando o desenvolvimento sustentável, que incluirão:

- evolução da distribuição das populações e das atividades econômicas;
- evolução de usos e ocupação do solo;
- políticas e projetos de desenvolvimento existentes e previstos;
- evolução da disponibilidade e da demanda de água;
- evolução das cargas poluidoras dos setores urbano, industrial, agropecuário e de outras fontes causadoras de degradação ambiental dos recursos hídricos;
- evolução das condições de quantidade e qualidade dos corpos hídricos, consubstanciada em estudos de simulação;
- usos desejados de recursos hídricos em relação às características específicas de cada bacia.

No contexto desta Resolução, o presente estudo apresenta uma proposta de enquadramento para o rio Palmital, visando atender, de forma satisfatória, aos usos atuais e futuros previstos para essa bacia. Foram avaliados diferentes cenários através de medidas de despoluição hídrica para horizonte de 20 anos. Entretanto, a elaboração de propostas de enquadramento deve ser considerada como um processo dinâmico sujeita as revisões periódicas em decorrência das mudanças dos aspectos técnicos, sociais, econômicos e ambientais, entre outros.

Das etapas indicadas nesta Resolução, esta pesquisa aborda o diagnóstico da situação atual conforme a matriz de fontes de poluição (PORTO et al., 2006), analisando a qualidade da água através dos parâmetros DBO e OD.

Na etapa de prognóstico, foram levados em consideração o incremento populacional e a carga orgânica proveniente de esgoto doméstico. Como ação de controle e recuperação da qualidade da água, foi previsto quatro cenários para a implantação de medidas de despoluição através dos cenários A, S1, S e IDEAL. As medidas referem-se ao aumento do percentual de coleta, tratamento e eficiência das ETEs já existentes e previsão de novas ETEs na bacia. Foram definidas três vazões de permanência para realizar as simulações, sendo $Q_{95\%}$, $Q_{80\%}$ e Q_{mlp} .

Para a proposição do enquadramento do rio Palmital, também foi levado em consideração a legislação ambiental que define as áreas de interesse de mananciais de abastecimento público da Região Metropolitana de Curitiba, previstas no Decreto nº 6390/06, de 05/04/2006. Este Decreto define que parte da bacia do rio Palmital é

considerada como área de manancial, correspondente ao trecho das nascentes até o ponto de captação para abastecimento público. Outros usos foram diagnosticados na bacia, como dessedentação de animais e diluição e transporte de efluentes (MARIN, 2001).

A partir da avaliação dos gráficos de evolução da qualidade de água e estimativas de investimentos para cada cenário apresentado no item 5, ajustado de acordo com os usos preponderantes na bacia, foram elaborada uma proposta para enquadramento do rio Palmital, de acordo com a extensão dos trechos e das respectivas classes de enquadramento:

- Classe 2: das nascentes do rio Palmital a jusante do ponto da captação da Sanepar, conforme Decreto nº 6390/06. Trecho correspondente do ponto zero ao km 8.

Usos preponderantes: abastecimento para consumo humano após tratamento convencional, dessedentação animal, irrigação.

- Classe 4: do ponto da captação da Sanepar até a foz no rio Iguaçu. Trecho correspondente do km 8 ao km 21. Considerado como área de transição, conforme Decreto nº 6390/06.

Usos preponderantes: irrigação e harmonia paisagística

A definição da melhor alternativa foi obtida quando da avaliação conjunta dos valores de DBO, OD e custos de investimentos estimados para os cenários. A vazão de permanência escolhida foi a $Q_{80\%}$, aceitando um risco de que 20% do tempo o objetivo de qualidade da água não será atendido, ou seja, 72 dias no ano a meta proposta de valores de DBO e OD não será atendida.

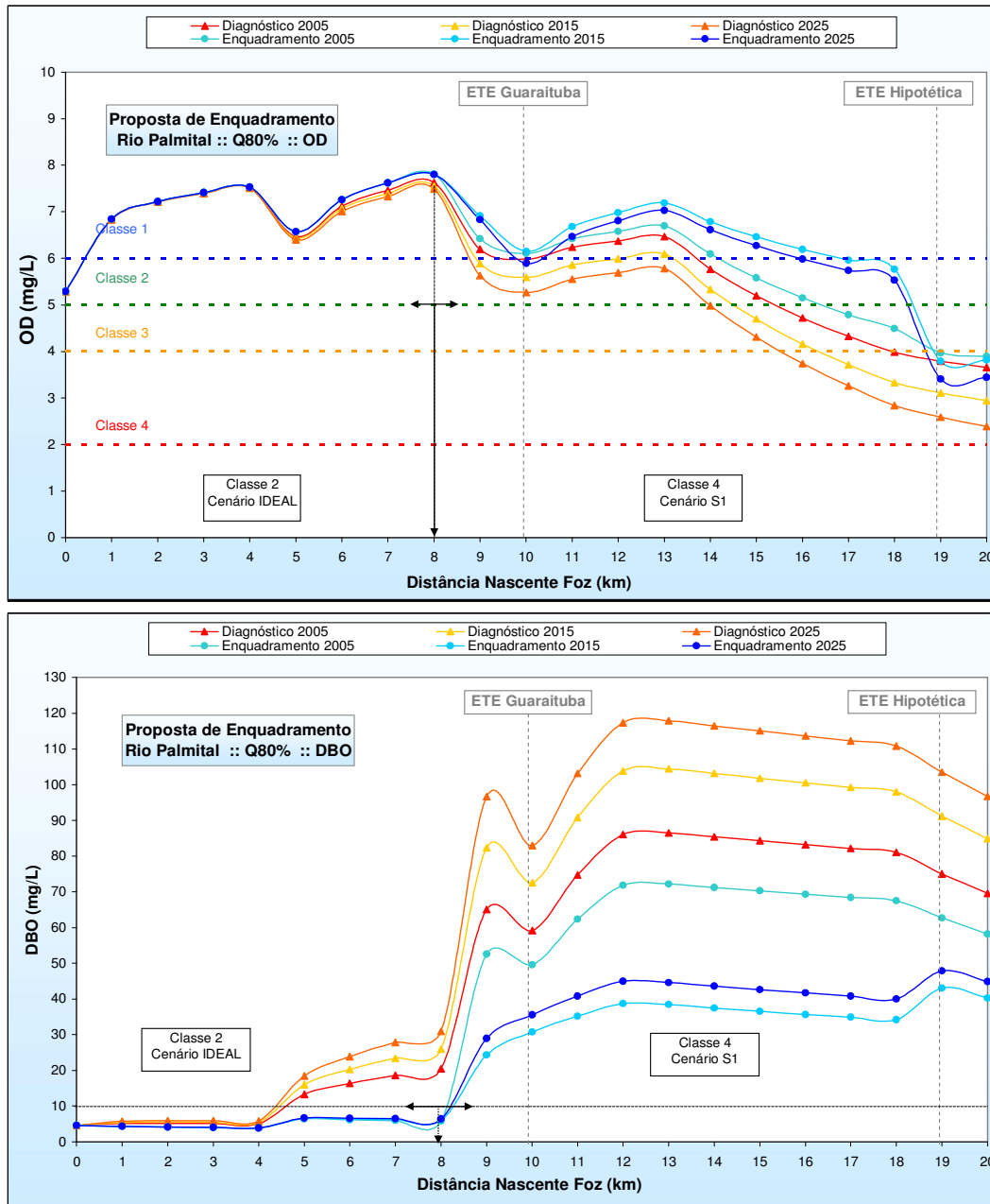
A divisão por trechos foi um facilitador para o enquadramento, tendo em vista que até o km 8 apenas 5,1% da população total da bacia contribui com esgotos até este ponto. O cenário Diagnóstico mostra que neste trecho o parâmetro de qualidade DBO aumenta de 20 mg/L em 2005, passando para 25 mg/L em 2015 e chegando a 30 mg/L em 2025. Ou seja, se nenhuma medida de despoluição for implantada até o km 8, o rio Palmital não poderá ser enquadrado na classe 2 da Resolução CONAMA 357/05 e em atendimento ao Decreto Estadual nº 6390/06. A partir deste trecho até a foz do rio, observa-se que os valores de DBO ultrapassam a 70 mg/L para qualquer ano de projeção analisada, conforme aponta o mesmo Diagnóstico. Na simulação do cenário IDEAL, os valores de DBO e OD atendem aos

limites estabelecidos na Resolução CONAMA 357/05 até o km 8, para a vazão $Q_{80\%}$ sendo que o parâmetro OD supera os limites exigidos. Após este trecho, mesmo a simulação do cenário IDEAL, não foi possível obter valores de DBO que permitissem o enquadramento nas classes 1, 2 e 3. Ponderou-se também que este cenário possui elevados índices de coleta e tratamento e os custos de investimentos para este cenário são elevados em relação aos demais.

Sendo assim, procurou-se viabilizar uma alternativa que atendesse ao uso mais nobre e mais restritivo da bacia que é abastecimento para consumo humano, associando o cenário IDEAL e o cenário S1 considerado intermediário entre os cenários propostos.

Os resultados das simulações feitas no QUAL2E para DBO e OD estão apresentados na figura 34, configurando o cenário IDEAL até o km 8 e cenário S1 até a foz. É possível prever que os valores de OD e DBO atendem aos limites estabelecidos pela Resolução conforme proposta de enquadramento, de forma gradativa e tendencial ao longo do prognóstico realizado. Entretanto, com o intuito de garantir a efetividade das ações, está sendo proposto o estabelecimento de metas progressivas intermediárias e meta final para a qualidade da água do rio Palmital. Outra condição apresentada neste estudo é que não há limitação orçamentária para a implementação das medidas previstas em 2005, 2015 e 2025.

FIGURA 34 - PROPOSTA DE ENQUADRAMENTO – RIO PALMITAL



A tabela 8 apresenta a proposta de enquadramento para o rio Palmital, considerando as metas progressivas intermediárias e meta final para os dois trechos do rio e os custos de investimentos. Foram apresentados os valores médios de concentrações de OD e DBO através de média simples conforme a proposta de enquadramento, demonstrando a viabilidade da mesma.

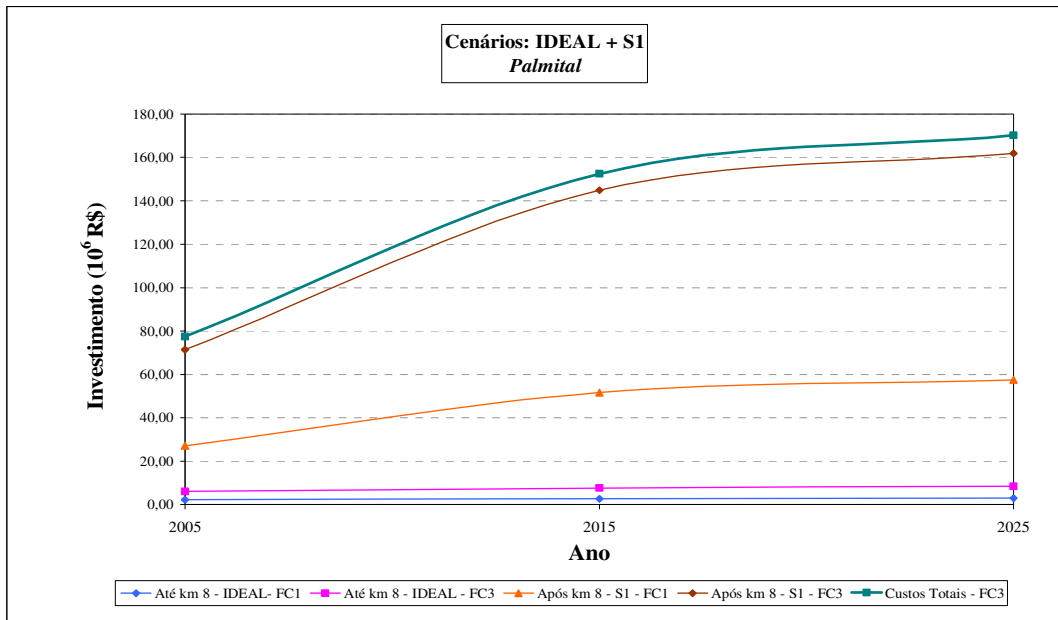
TABELA 8 - METAS PARA ENQUADRAMENTO DO RIO PALMITAL – Q 80%

| ANO | TRECHO 1: NASCENTES - KM 8 | | | TRECHO 2: KM 8 – FOZ DO RIO | | |
|------|---------------------------------|-----------------------------|------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| | CUSTO (R\$ 10 ⁶) | OD _{med} (mg/L) | DBO _{med} (mg/L) | CUSTO (R\$ 10 ⁶) | OD _{med} (mg/L) | DBO _{med} (mg/L) |
| 2005 | 2,2 - 6,1 | 7,1 | 5,0 | 27,0 - 71,3 | 5,6 | 64,7 |
| 2015 | 2,7 - 7,6 | 7,1 | 5,1 | 51,6 - 144,9 | 6,1 | 35,8 |
| 2025 | 3,0 - 8,34 | 7,1 | 5,2 | 57,5 - 161,9 | 5,8 | 41,4 |

Visando facilitar a combinação de cenários para enquadramento, os valores adotados de OD e DBO apresentados na tabela para composição das metas progressivas são os mesmos resultantes das simulações do QUAL2E correspondentes a cada cenário isoladamente, ou seja, levando-se em consideração toda extensão do rio e não a divisão por trechos. Numa nova simulação da qualidade da água que contemple esta combinação, é bem provável que os valores de OD e DBO sejam alterados de forma a atender ainda mais aos limites preconizados pela Resolução CONAMA 357/05. Assim sendo, para efeito deste estudo, os valores de DBO_{med} serão assumidos como valor de 5 mg/L até o km 8.

Na figura 35, estão apresentados os custos estimados para investimentos conforme a combinação de cenários IDEAL e S1, levando em consideração os custos obtidos na FC1 e FC3. É possível constatar que serão necessários investimentos totais da ordem de R\$ 170,25 milhões, podendo ser escalonados para os anos intermediários, com a seguinte previsão: em 2005 poderão ser gastos até R\$ 77,43 milhões, em 2015 até R\$ 152, 46 milhões, totalizando R\$ 170,25 milhões em 2025.

FIGURA 35 - CUSTOS DE INVESTIMENTO – ENQUADRAMENTO DO RIO PALMITAL



É importante ainda esclarecer que existe a possibilidade de elaboração de outras propostas de enquadramento, através da avaliação de vazões de permanência menos restritivas, por exemplo, ou através do estabelecimento de distintas metas de qualidade da água na bacia ao longo do tempo. Tudo dependerá do objetivo de qualidade de água que se deseja obter e da restrição orçamentária dos recursos financeiros advindos da cobrança. A seleção da melhor alternativa de enquadramento será efetuada pelo Comitê de Bacia, que deverá levar em consideração a alternativa mais viável e condizente com os interesses dos usuários.

5.2 RESULTADOS DA SIMULAÇÃO DE CENÁRIOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIANDUVA

A mesma metodologia para as simulações do rio Palmital foi empregado no rio Pianduva, sendo que os dados provenientes dos cenários avaliados foram inseridos no modelo de qualidade da água QUAL2E para os anos de 2005, 2015 e 2025, sendo que as vazões de permanência analisadas foram Q_{mlp} , $Q_{80\%}$ e $Q_{95\%}$. Os parâmetros analisados para todas as simulações foram DBO e OD.

5.2.1 Diagnóstico e Prognóstico de Qualidade de Água do Rio Pianduva – DBO

As figuras 36 a 38 compreendem os resultados das simulações da evolução da qualidade da água, parâmetro DBO, através dos cenários Diagnóstico, A, S1, S e IDEAL e vazões Q_{mlp} , $Q_{80\%}$ e $Q_{95\%}$ para as projeções de 2005, 2015 e 2025.

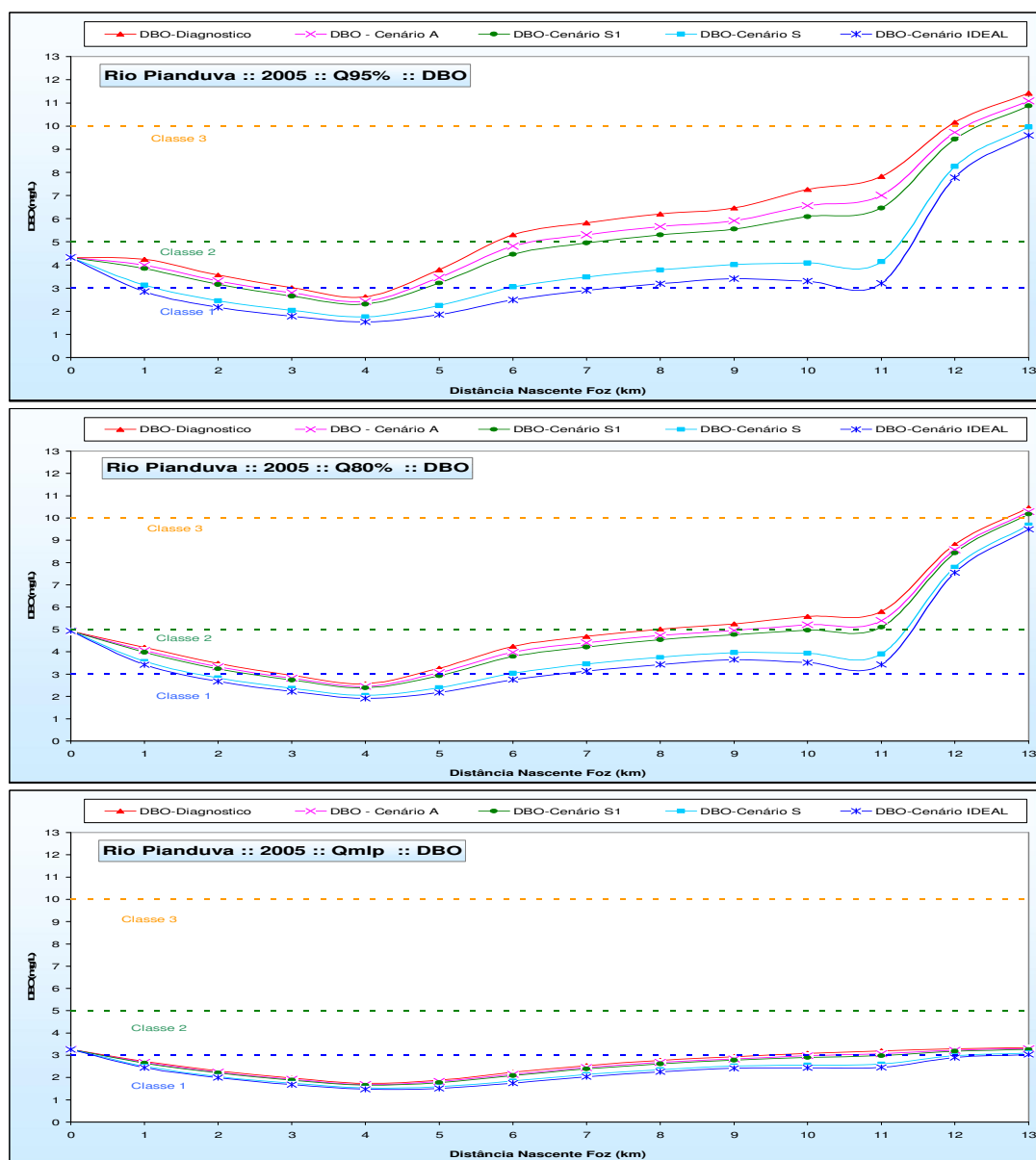
Na figura 36 é possível evidenciar uma redução da concentração de DBO ao longo do rio Pianduva, à medida que são implantadas as medidas de despoluição para o ano de 2005. Para $Q_{95\%}$, pode-se observar uma evolução positiva da qualidade da água com a implantação de medidas de despoluição através dos cenários A, S1, S e IDEAL. No km 12, local de implantação da ETE Hipotética, é possível constatar uma diminuição da concentração de DBO do Diagnóstico para o cenário IDEAL, cujo valor 10,2 mg/L passa para 7,8 mg/L, representando uma redução de 23,5%. Perceba que o cenário de ocupação da bacia induz a uma degradação da qualidade da água a partir do km 11.

Para $Q_{80\%}$, a implantação dos cenários A, S1, S e IDEAL proporciona melhoria da qualidade da água ao longo do rio Palmital. No km 12 percebe-se diminuição da concentração de DBO de 8,8 mg/L no cenário Diagnóstico para 7,5 mg/L no cenário IDEAL. Observa-se uma redução na concentração de DBO de 14,9%.

Na vazão de Q_{mlp} também foi possível observar pequena melhoria da qualidade da água com a implantação dos cenários A, S1, S e IDEAL. O valor da concentração de DBO para o km 12 no cenário Diagnóstico é de 3,3 mg/L. Para o cenário IDEAL, esse mesmo ponto assume valor de 2,9 mg/L, representando uma redução de 12,0%.

Para as três vazões de permanência avaliadas nos cenários Diagnóstico, A, S1, S e IDEAL, no ano de 2005, é possível evidenciar sensível melhoria na evolução da qualidade da água, principalmente para a vazão de permanência $Q_{80\%}$ e Q_{mlp} . Para estas vazões, os valores de DBO para o rio Pianduva ficam próximos ou abaixo de 10 mg/L, permitindo enquadramento no mínimo na classe 3 da Resolução CONAMA 357/05. Na vazão Q_{mlp} , o rio pode ser enquadrado na classe 1 se forem adotadas as medidas previstas no cenário IDEAL, por exemplo.

FIGURA 36 - EVOLUÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA – CENÁRIOS X VAZÕES – ANO DE 2005 – DBO



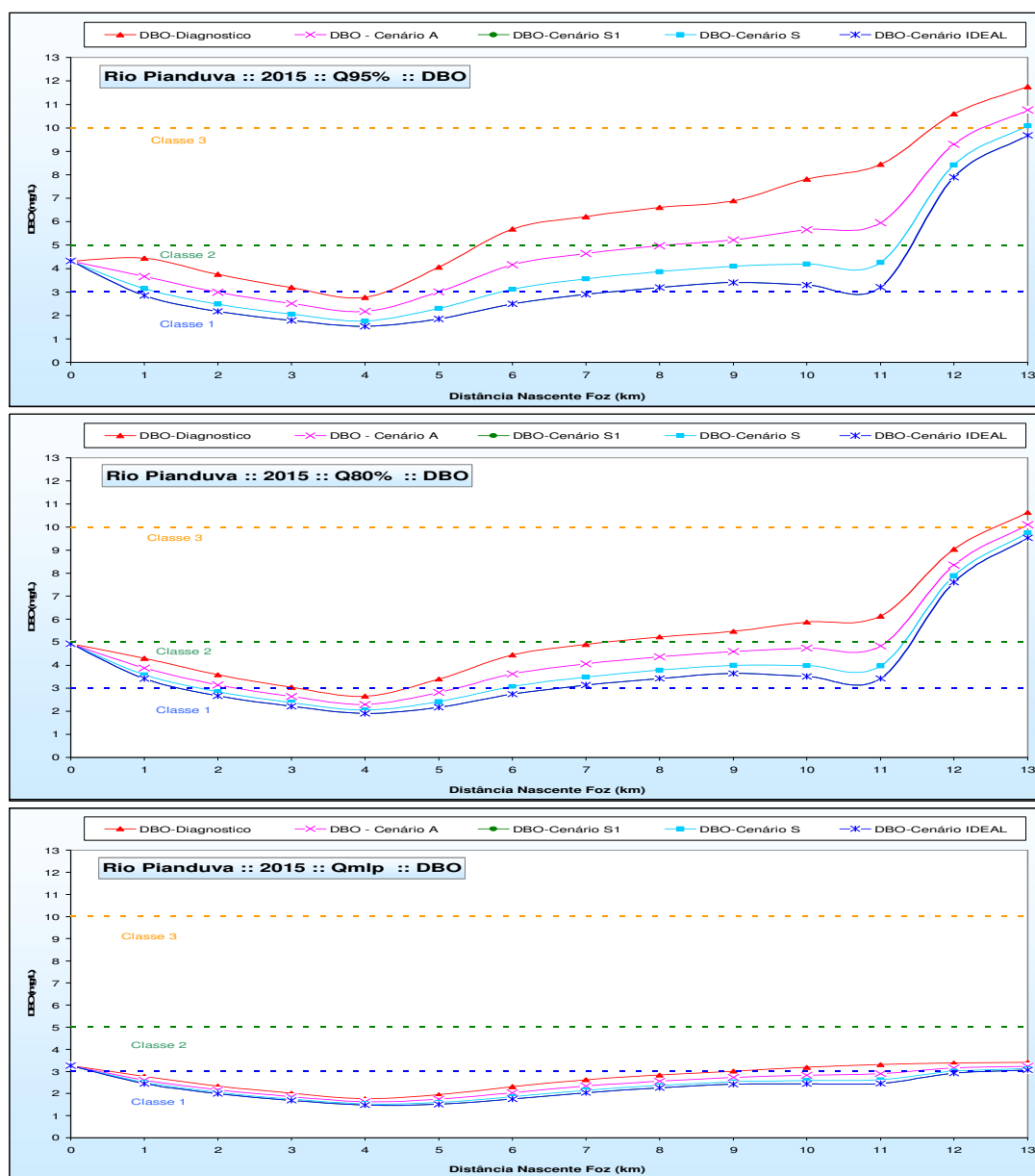
A figura 37 demonstra uma redução da concentração de DBO ao longo do rio Pianduva com a implantação dos cenários de despoluição propostos para 2015. Na vazão de permanência $Q_{95\%}$, pode-se observar uma gradativa melhoria da qualidade da água do cenário Diagnóstico ao IDEAL. Para o km 12, onde está hipoteticamente instalada a ETE, é possível constatar uma diminuição da concentração de DBO do Diagnóstico para o cenário IDEAL, cujo valor 10,6 mg/L passa para 7,9 mg/L, representando uma redução de 25,5%.

Na $Q_{80\%}$, a implantação dos cenários A, S1, S e IDEAL proporciona melhoria da qualidade da água ao longo do rio Palmital. No km 12 percebe-se diminuição da concentração de DBO de 9,0 mg/L do cenário Diagnóstico para 7,6 mg/L no cenário IDEAL. Observa-se uma redução na concentração de DBO de 15,8%.

A vazão de permanência Q_{mlp} também demonstrou melhoria da qualidade da água com a implantação dos cenários A, S1, S e IDEAL. O valor da concentração de DBO no km 12 e cenário Diagnóstico são de 3,4 mg/L. Para o cenário IDEAL, esse mesmo ponto assume valor de 2,9 mg/L, representando uma redução de 13,6%.

Para as três vazões de permanência avaliadas nos cenários Diagnóstico, A, S1, S e IDEAL, no ano de 2015, é possível constatar sensível melhoria na evolução da qualidade da água, principalmente para a vazão de permanência $Q_{80\%}$ e Q_{mlp} . A menor concentração de DBO pode ser observada na vazão Q_{mlp} em todo o percurso do rio, permitindo o enquadramento na classe 1 conforme Resolução CONAMA 357/05.

FIGURA 37 - EVOLUÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA – CENÁRIOS X VAZÕES – ANO DE 2015 – DBO



Na Figura 38 é possível evidenciar uma redução da concentração de DBO ao longo do rio Pianduva, à medida que são implantadas ações de despoluição para o ano de 2025. Para $Q_{95\%}$, pode-se observar uma evolução positiva da qualidade da água com a implantação de medidas de despoluição através dos cenários A, S1, S e IDEAL. No km 12 está implantada a ETE Hipotética e é possível constatar uma diminuição da concentração de DBO do Diagnóstico para o cenário IDEAL, cujo valor 11,0 mg/L passa para 8,0 mg/L, representando uma redução de 27,4%.

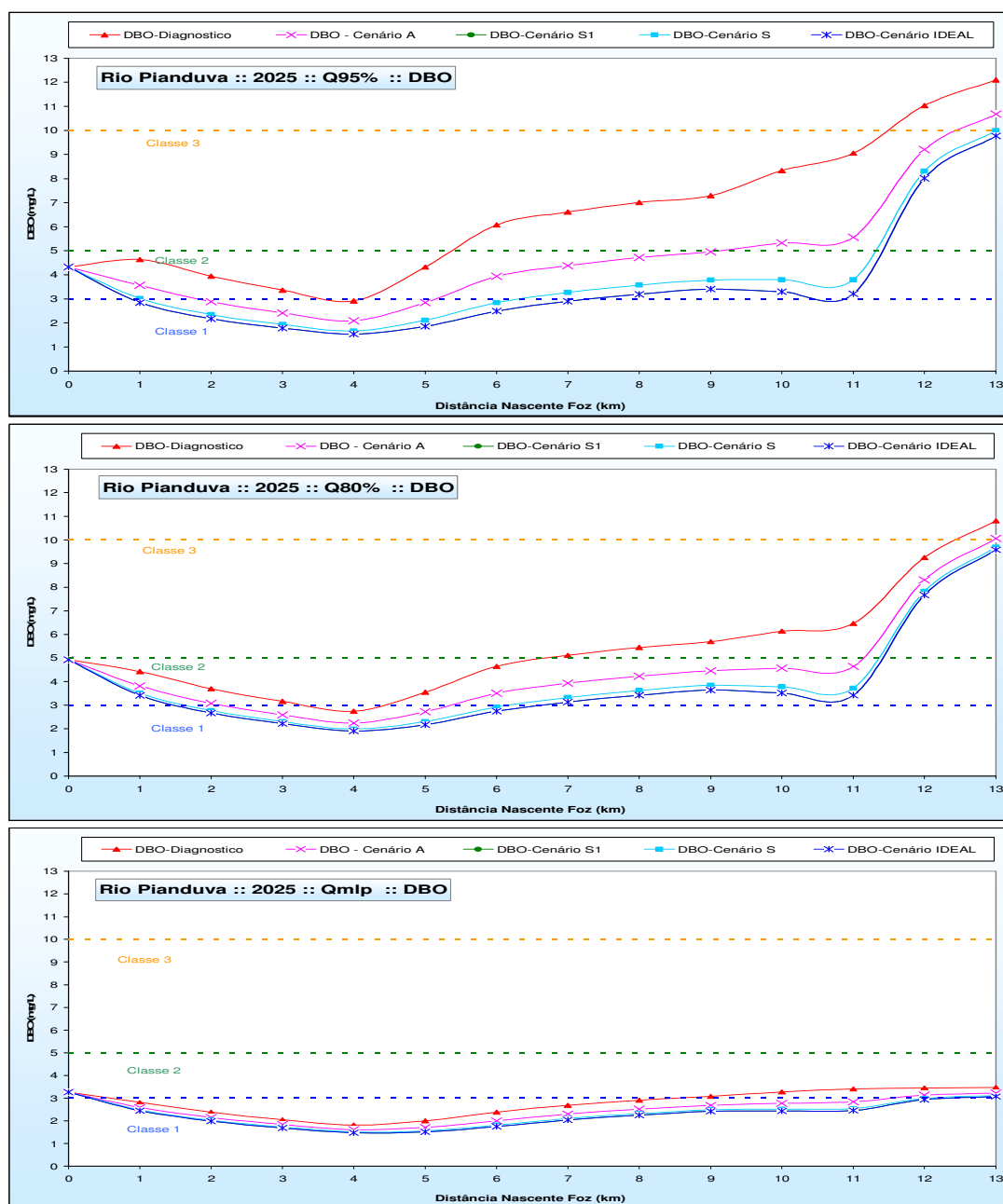
Para $Q_{80\%}$, a implantação dos cenários A, S1, S e IDEAL proporciona melhoria da qualidade da água ao longo do rio Palmital. No km 12 percebe-se diminuição da concentração de DBO de 9,3 mg/L do cenário Diagnóstico para 7,7 mg/L no cenário IDEAL. Observa-se uma redução na concentração de DBO de 17,2%.

Na vazão de Q_{mlp} também foi possível observar pequena melhoria da qualidade da água com a implantação dos cenários A, S1, S e IDEAL. O valor da concentração de DBO para o km 12 no cenário Diagnóstico é de 3,5 mg/L. Para o cenário IDEAL, esse mesmo ponto assume valor de 2,9 mg/L, representando uma redução de 14,8%.

As três vazões de permanência avaliadas nos cenários Diagnóstico, A, S1, S e IDEAL, no ano de 2025, é possível verificar sensível melhoria na evolução da qualidade da água, principalmente para a vazão de permanência $Q_{80\%}$ e Q_{mlp} . Pode-se deduzir ainda que para estas vazões, os valores de DBO para o rio Pianduva ficam próximos ou abaixo de 10 mg/L, permitindo enquadramento no mínimo na classe 3 da Resolução CONAMA 357/05. Se forem adotadas as medidas previstas no cenário IDEAL, para a vazão Q_{mlp} , o rio pode ser enquadrado na classe 1 desta Resolução.

As medidas de despoluição na bacia hidrográfica do rio Pianduva não apresentam diferenças significativas nos valores de DBO para avaliação de projeções 2005, 2015 e 2025 e respectivas vazões de permanência. Do cenário Diagnóstico ao IDEAL, há um decréscimo do percentual de reduções nas concentrações de DBO de 2005 a 2015 e deste para 2025. Esse fato é previsto tendo em vista o pequeno aumento populacional que ocorre na bacia para os anos de projeções analisados.

FIGURA 38 - EVOLUÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA – CENÁRIOS X VAZÕES – ANO DE 2025 – DBO



5.2.2 Diagnóstico e Prognóstico de Qualidade de Água do Rio Pianduva – OD

As Figuras 39, 40 e 41 compreendem os resultados das simulações da evolução da qualidade da água, parâmetro OD, através dos cenários Diagnóstico, A, S1, S e IDEAL nas vazões Q_{mlp} , $Q_{80\%}$ e $Q_{95\%}$ para as projeções de 2005, 2015 e 2025.

Como se pode observar nos três gráficos da Figura 39, há uma sobreposição de curvas para todas as simulações correspondentes aos cenários avaliados. Para as vazões de permanência $Q_{95\%}$ e $Q_{80\%}$ os valores de OD permanecem nulos até o km 4, apresentando elevações após este ponto para valores acima de 6 mg/L na foz do rio. Na vazão de permanência Q_{mlp} , os valores de OD ficam em torno de 4 mg/L até o km 4, elevando-se após este ponto para valores acima de 6 mg/L na foz do rio.

Analisando a matriz de fontes de poluição para a bacia do rio Pianduva, é possível verificar que é um rio de pequena extensão, aproximadamente 14 km, com largura da base de 3,5 m e declividade longitudinal zero até o km 4 e depois deste ponto até o final assume valores de 2,0 m de largura de base e declividade longitudinal que varia de 0,005 a 0,01 m/m. A população total da bacia é de 715 habitantes, sendo que até o km 4 a população é de 142 habitantes. Verificando os valores de OD até o km 4 e confrontando com os dados hidráulicos e populacionais, é possível deduzir que há pouca reaeração do rio até este ponto e as vazões menores não conseguem produzir o efeito da autodepuração suficiente para elevar o índice de OD.

FIGURA 39 - EVOLUÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA – CENÁRIOS X VAZÕES – ANO DE 2005 – OD



As Figuras 40 e 41 demonstram os resultados de OD para as simulações dos cenários Diagnóstico, A, S1, S e IDEAL para os anos de projeções 2015 e 2025. Observa-se que para as duas projeções se repetem as mesmas configurações avaliadas para a projeção de 2005, havendo sobreposição de curvas para todos os cenários e obtendo o mesmo comportamento para OD no percurso analisado.

FIGURA 40 - EVOLUÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA – CENÁRIOS X VAZÕES – ANO DE 2015 – OD



FIGURA 41 - EVOLUÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA – CENÁRIOS X VAZÕES – ANO DE 2025 – OD

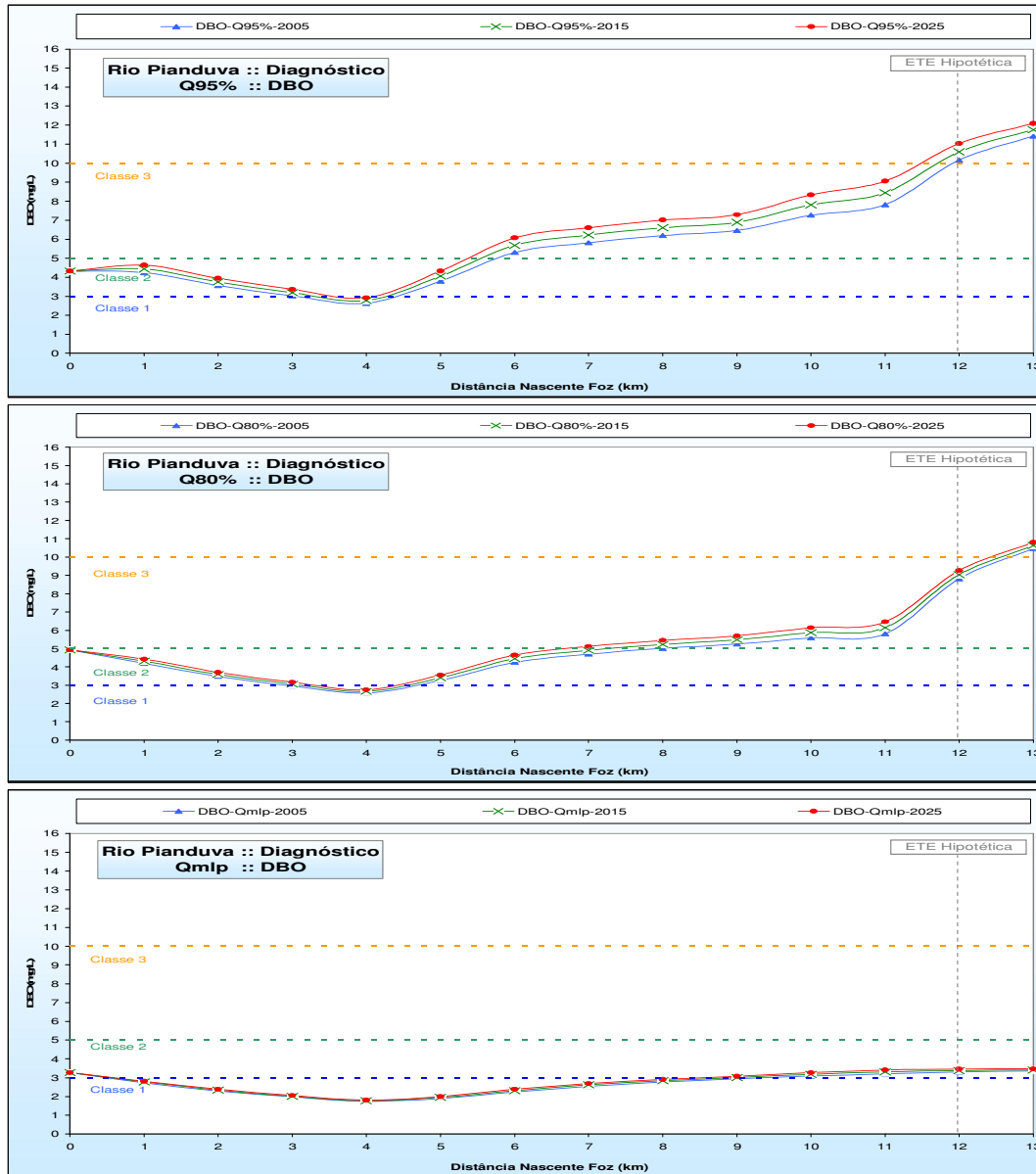


5.2.3 Reavaliação do Diagnóstico e Prognóstico de Qualidade de Água sob a Ótica da Vazão de Referência – Rio Pianduva

As figuras 42 a 51 demonstram o perfil da DBO e OD ao longo do rio Pianduva nas vazões de permanência vazões $Q_{95\%}$, $Q_{80\%}$ e Q_{mlp} para as projeções de 2005, 2015 e 2025 e cada cenário proposto.

A Figura 42 apresenta o cenário Diagnóstico para as três vazões de permanência, demonstrando a concentração de DBO ao longo do percurso do rio Pianduva nos anos de 2005, 2015 e 2025. Percebe-se que para este cenário, onde não é implantada nenhuma medida de despoluição, mas somente mantendo o mesmo percentual de coleta e tratamento, há uma elevação da concentração de DBO de 2005 para 2015, e deste para 2025, para todas as vazões de permanência analisadas. Os menores valores de DBO ocorrem na vazão de permanência Q_{mlp} , permitindo avaliar a concentração de DBO é em torno de 3 mg/L até a foz.

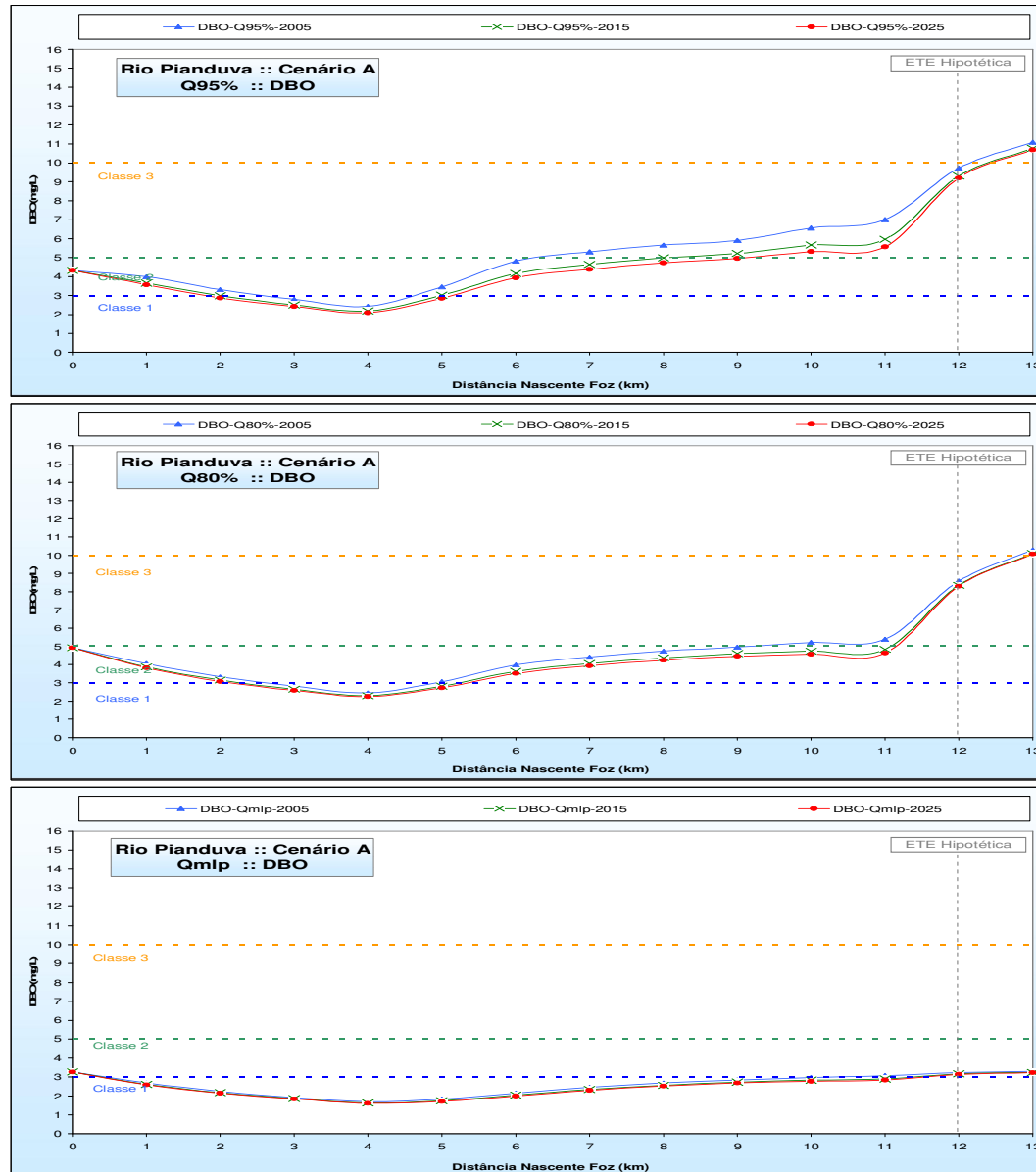
FIGURA 42 - PERFIL DE DBO – EVOLUÇÃO ANOS X VAZÃO – DIAGNÓSTICO



A Figura 43 apresenta o cenário A para as três vazões de permanência, demonstrando a concentração de DBO ao longo do percurso do rio Pianduva nos anos de 2005, 2015 e 2025. Para este cenário observa-se diminuição da concentração de DBO de 2005 para 2025, para todas as vazões de permanência analisadas. Nas projeções de 2015 e 2025 ocorre sobreposição de curvas tendo em vista que os resultados são muito próximos para a simulação de DBO. Os menores valores de DBO aparecem na simulação para vazão Q_{mlp} , cujos valores situam-se

em torno de 3 mg/L. Esta avaliação era esperada tendo em vista que o cenário A estabelece significativo aumento no percentual de coleta, tratamento e eficiência para o ano de 2025.

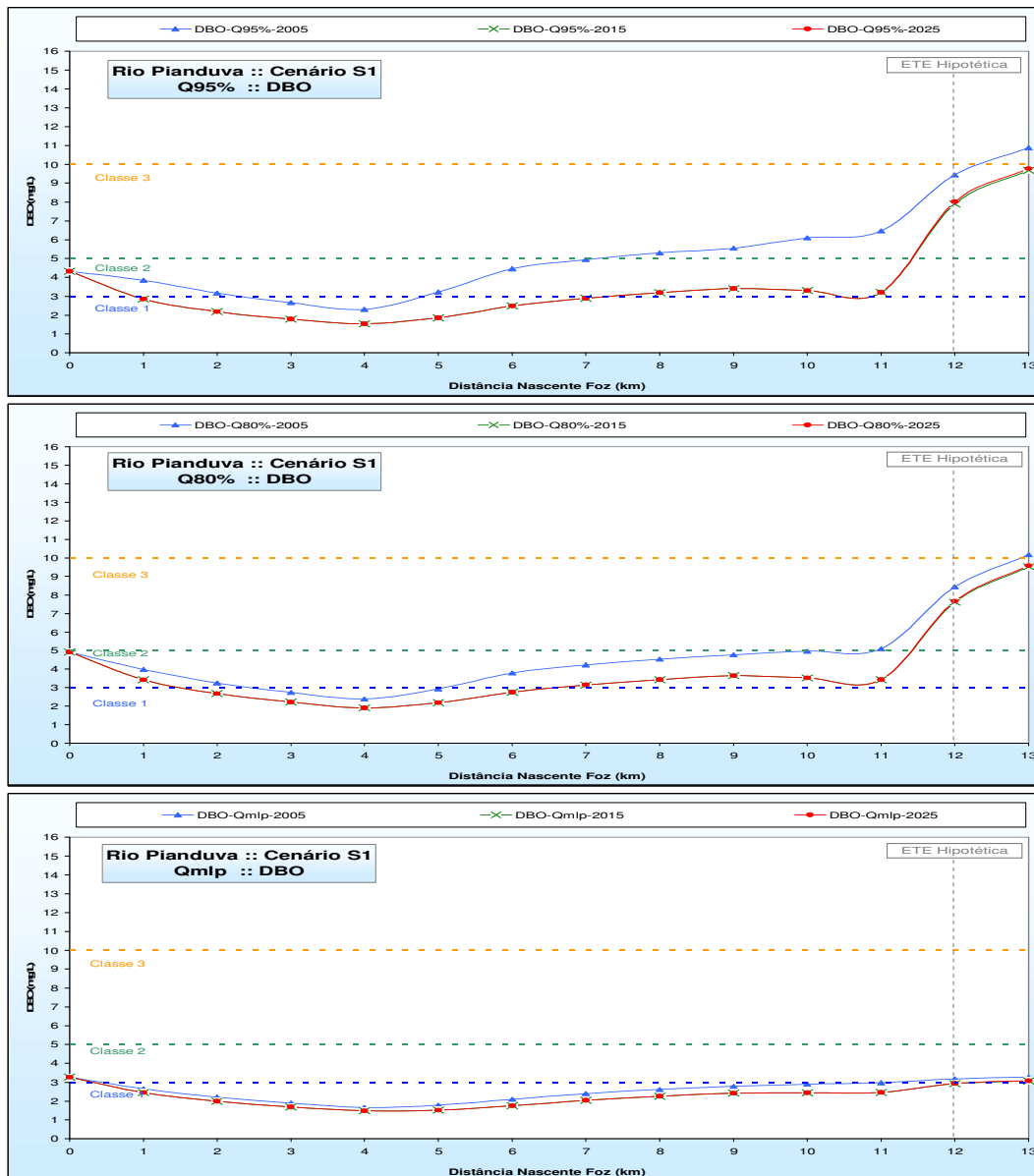
FIGURA 43 - PERFIL DE DBO – EVOLUÇÃO ANOS X VAZÃO – CENÁRIO A



A Figura 44 apresenta o cenário S1 para as três vazões de permanência, demonstrando a concentração de DBO ao longo do percurso do rio Pianduva nos anos de 2005, 2015 e 2025. Para este cenário observa-se a diminuição da

concentração de DBO ao longo dos anos analisados, sendo que a projeção que apresentou menores resultados de DBO foi em 2015 e 2025 para as três vazões de permanência analisadas, ocorrendo sobreposição de curvas nesses anos. Este fato ocorre devido aos mesmos percentuais de coleta, tratamento e eficiência para os anos de 2015 e 2025, diferindo apenas no incremento populacional para os respectivos anos.

FIGURA 44 - PERFIL DE DBO – EVOLUÇÃO ANOS X VAZÃO – CENÁRIO S1



Nas figuras 45 e 46 são apresentados os cenários S e IDEAL para as três vazões de permanência, demonstrando a concentração de DBO ao longo do percurso do rio Pianduva nos anos de 2005, 2015 e 2025. Para estes cenários observa-se sobreposição de curvas para as projeções dos três anos e nas três vazões de permanência analisadas. Na vazão Q_{mip} observa-se menores valores para DBO ao longo do trecho do rio, assumindo valores próximos a 3 mg/L na foz do rio para ambos os cenários avaliados.

FIGURA 45 - PERFIL DE DBO – EVOLUÇÃO ANOS X VAZÃO – CENÁRIO S

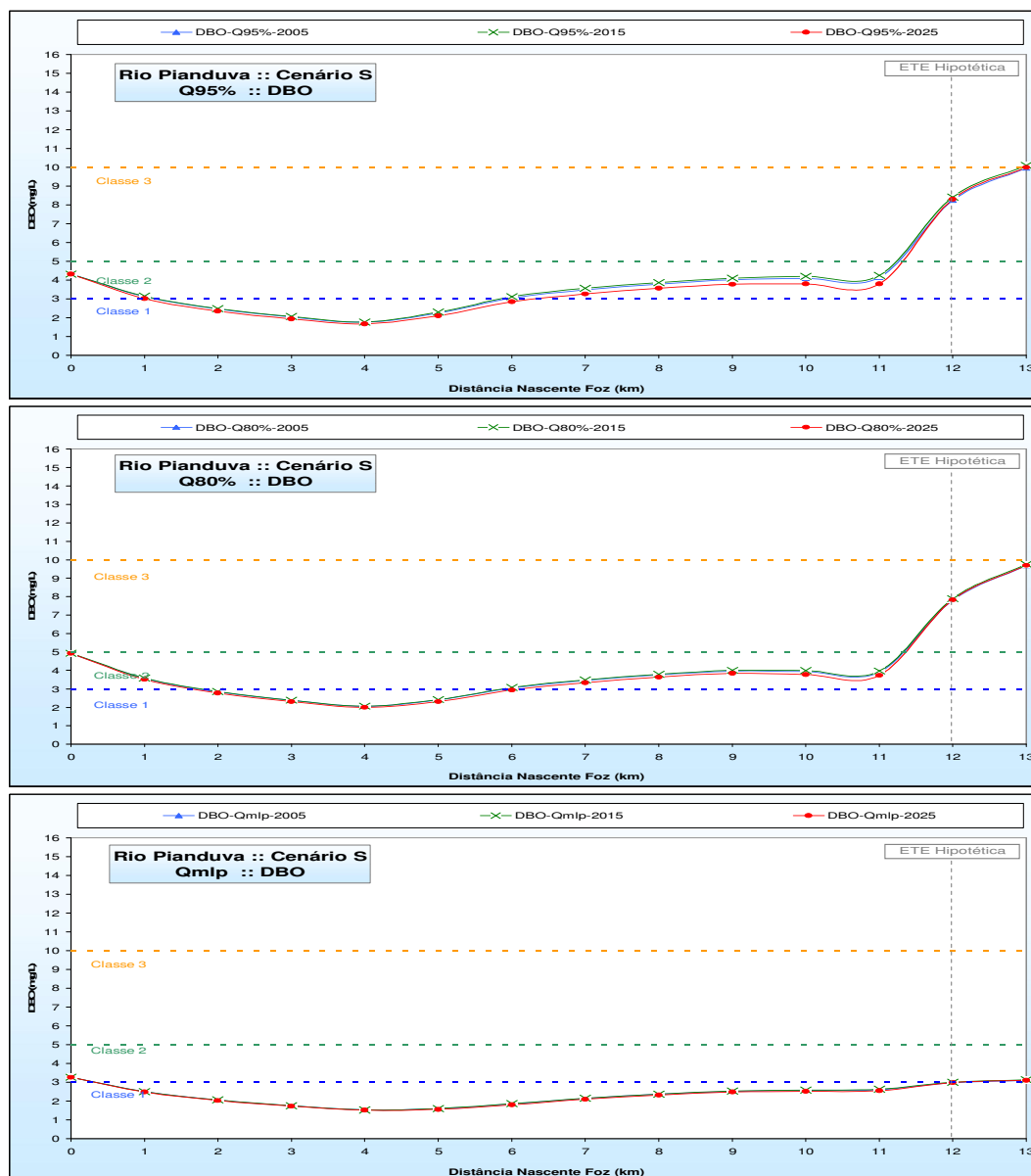
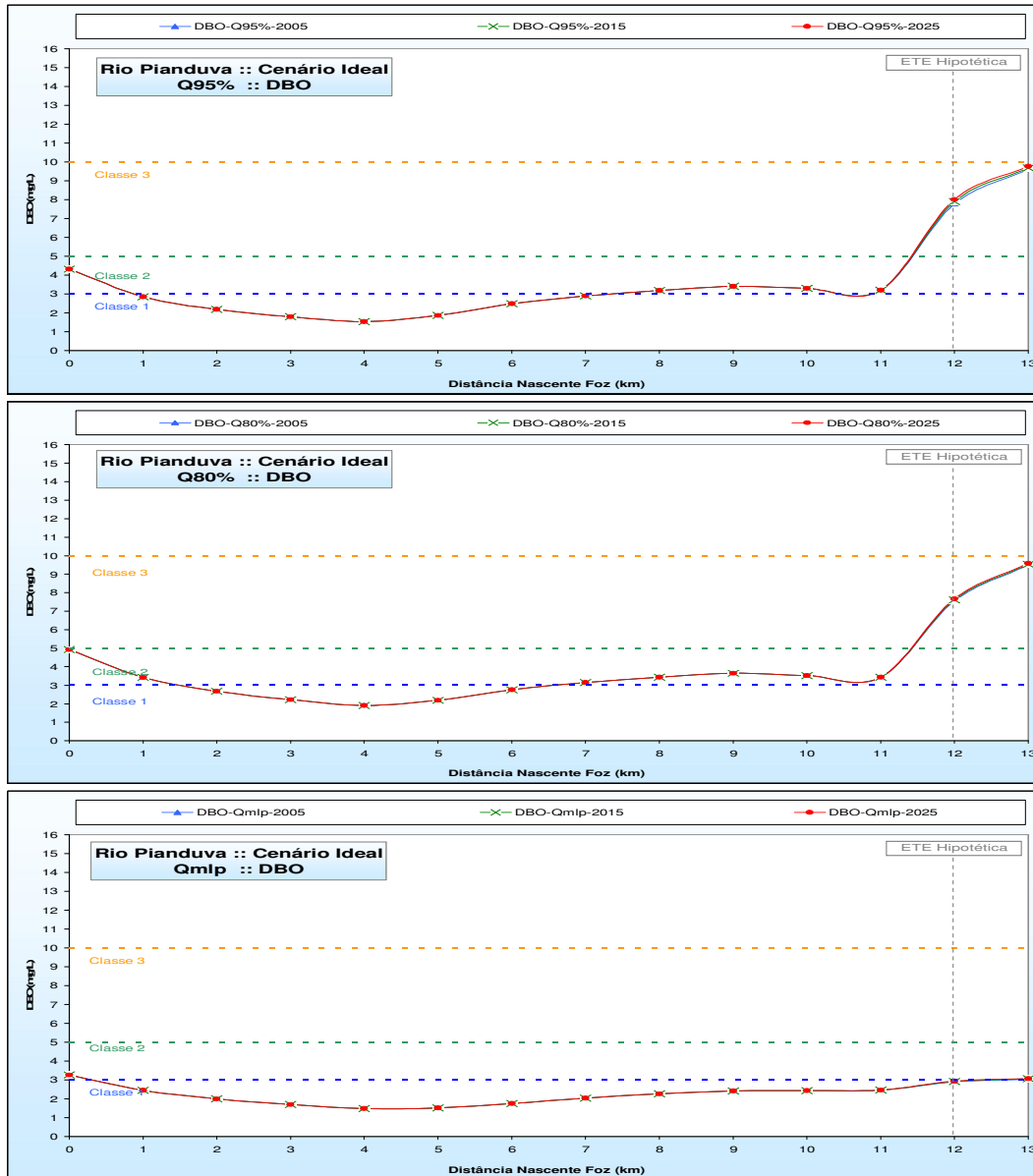


FIGURA 46 -PERFIL DE DBO – EVOLUÇÃO ANOS X VAZÃO – CENÁRIO IDEAL



Avaliando os resultados de todas as simulações de perfil da DBO e projeções, constata-se que o cenário que proporciona menores valores de DBO são os cenários S e IDEAL, cujas medidas refletem elevados percentuais de coleta, tratamento e eficiência de remoção da matéria orgânica nas ETEs.

Nas figuras 42 a 46, já apresentadas, foi demonstrada a atuação da ETE Hipotética no km 12, onde os valores de DBO após este ponto apresentam queda conforme projeção de tendência de elevação.

Para todas as vazões de permanência analisadas, o rio Pianduva apresenta valores de DBO próximos ou inferiores a 10 mg/L e na vazão Q_{mlp} os valores ficam próximos a 3 mg/L, possibilitando o enquadramento do rio Pianduva nas classes 1 ou 2 da Resolução CONAMA 357/05, dependendo do trecho avaliado.

As Figuras 47 a 51 apresentam os cenários simulados para OD nas projeções 2005, 2015 e 2025 para as vazões $Q_{95\%}$, $Q_{80\%}$ e Q_{mlp} . Para os cenários Diagnóstico, A, S1, S e IDEAL o comportamento do parâmetro OD foi praticamente o mesmo para a vazão $Q_{95\%}$ nos anos de 2005, 2015 e 2025, ou seja, os valores simulados para as projeções obtiveram os mesmos resultados, havendo sobreposição de curvas. O mesmo pode ser observado para as vazões $Q_{80\%}$ e Q_{mlp} em todos os cenários avaliados.

FIGURA 47 - PERFIL DE OD – EVOLUÇÃO ANOS X VAZÃO – DIAGNÓSTICO

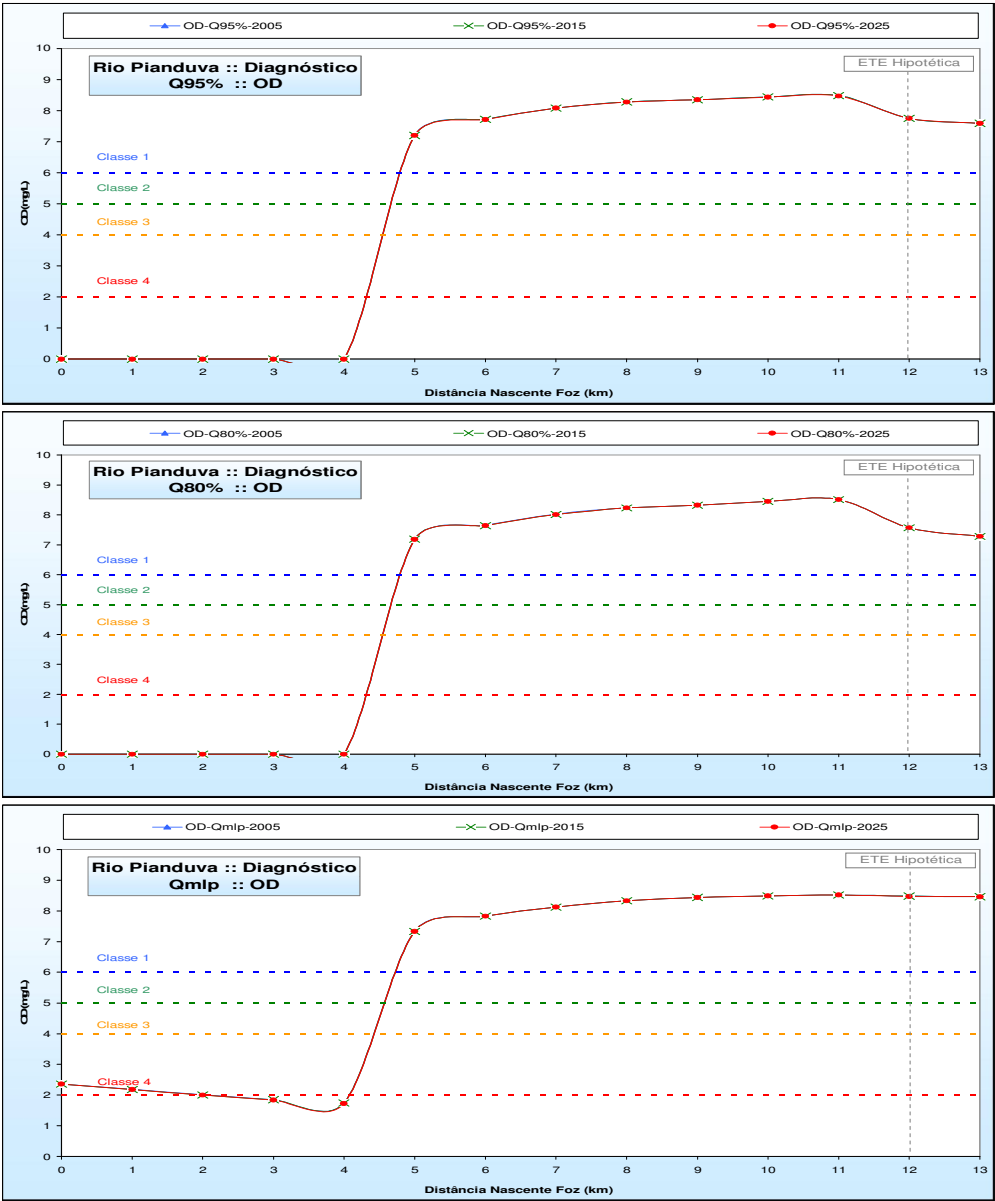


FIGURA 48 - PERFIL DE OD – EVOLUÇÃO ANOS X VAZÃO – CENÁRIO A

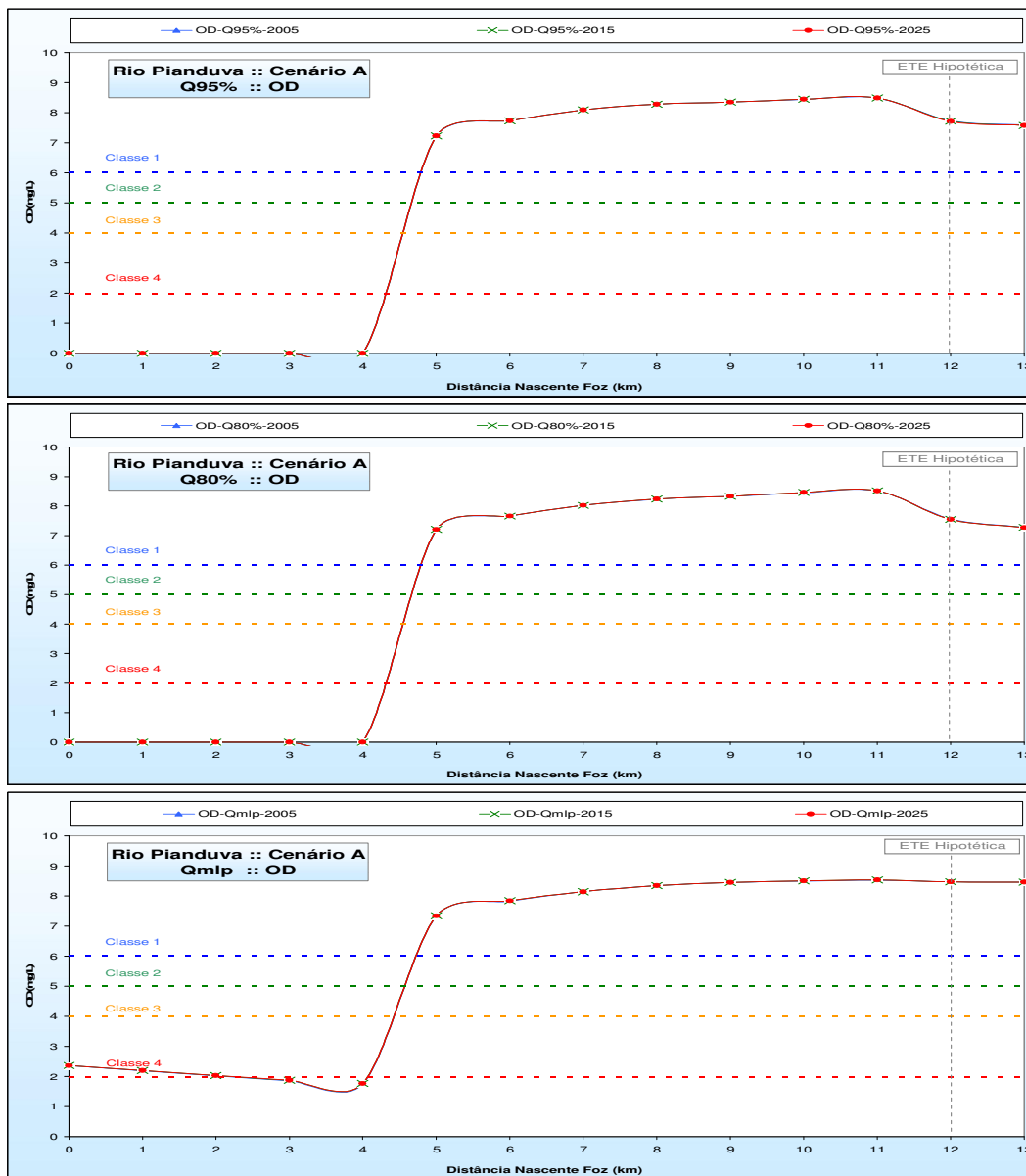


FIGURA 49 - PERFIL DE OD – EVOLUÇÃO ANOS X VAZÃO – CENÁRIO S1



FIGURA 50 - PERFIL DE OD – EVOLUÇÃO ANOS X VAZÃO – CENÁRIO S

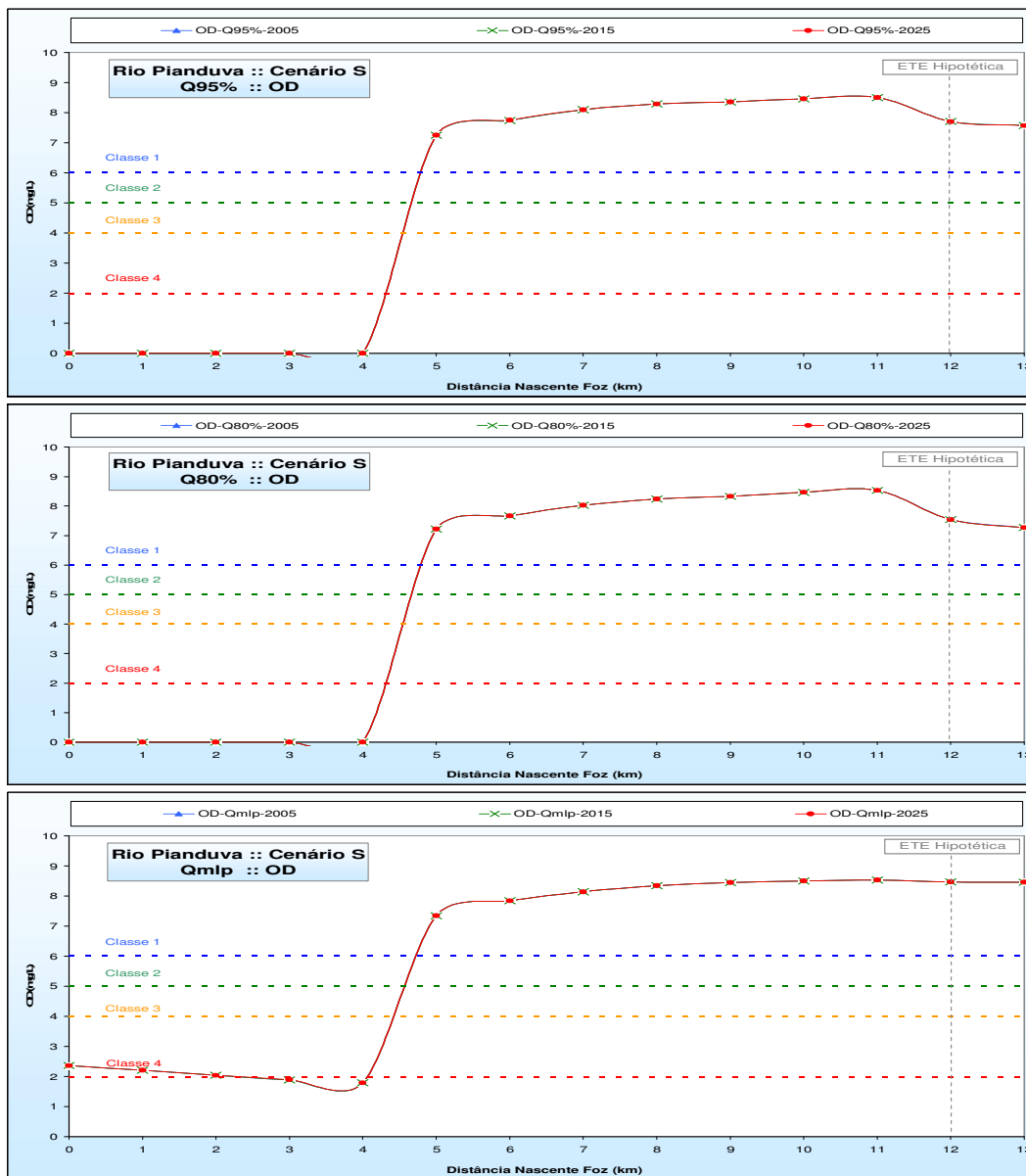


FIGURA 51 - PERFIL DE OD – EVOLUÇÃO ANOS X VAZÃO – CENÁRIO IDEAL



Avaliando os resultados de todas as simulações do perfil de OD para as figuras 47 a 51, observa-se ainda que os maiores valores de OD estão apresentados na vazão Q_{mlp} para todas as projeções. Até o km 4 os valores para OD são mínimos e refletem a mesma análise descrita nos comentários da figura 39. Nas figuras 47 a 51 foi demonstrada a atuação da ETE Hipotética no km 12, onde os valores de OD após este ponto apresentam elevação conforme projeção de tendência de queda.

Na reavaliação do cenário tendencial (diagnóstico e prognóstico) de qualidade da água, a vazão de referência que confere melhores condições ao rio Pianduva em termos de DBO é a Q_{mlp} através do cenário IDEAL, como era de se esperar. As simulações para OD igualmente apresentam condições melhores na Q_{mlp} , cujos valores ficaram próximos de 7 mg/L na foz, possibilitando seu enquadramento na classe 1 da Resolução CONAMA 357/05. Entretanto, houve sobreposição de curvas de OD com a implantação de medidas de despoluição através dos cenários. Isto pode ter ocorrido, entre outros motivos, por não se ter simulado o ciclo do nitrogênio e do fósforo, que também demandam oxigênio. Um outro fator seria o tipo de reaeração escolhida (K_2) a qual depende das características hidráulicas do rio. Uma combinação mais acertada dos parâmetros K_1 , K_2 , K_3 e K_4 poderiam melhorar o perfil das curvas.

5.2.4 Enquadramento sob a Perspectiva do Risco – Foz do Rio Pianduva

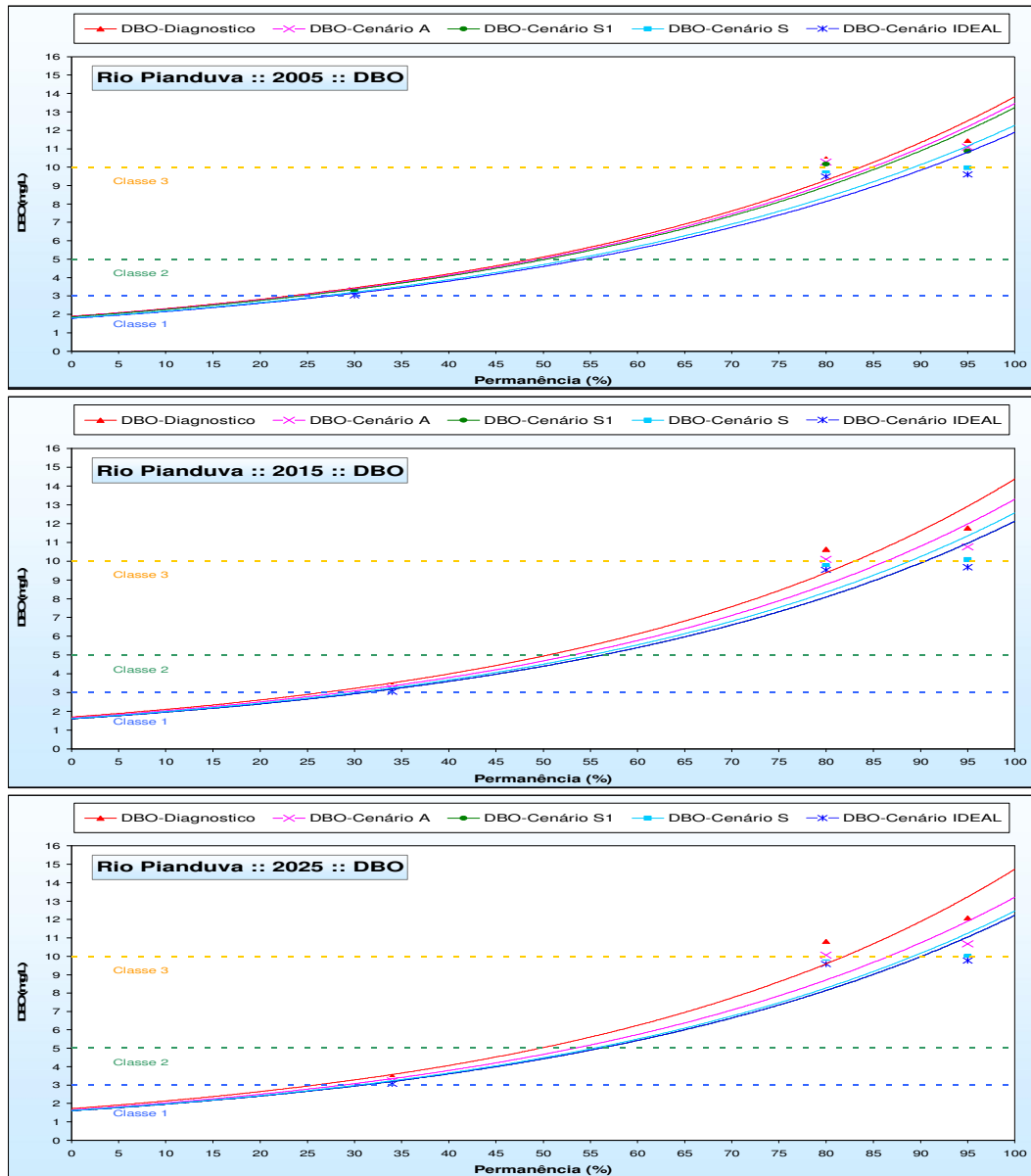
Os resultados das simulações dos cenários Diagnóstico, A, S1, S e IDEAL para as três vazões de permanência e projeções para os anos de 2005, 2015 e 2025, estão demonstrados em forma de gráficos para melhor visualização e interpretação dos resultados.

Os resultados obtidos para a bacia hidrográfica do rio Pianduva apresentaram redução na concentração de DBO no ano de 2005, com a aplicação de medidas de despoluição, conforme aponta figura 52. O cenário IDEAL demonstrou a maior redução de poluição em termos de carga orgânica para todas as vazões de permanência avaliadas. Para uma vazão de 80% de permanência, a concentração de DBO para o cenário Diagnóstico é de aproximadamente 9,0 mg/L, reduzindo os valores gradativamente até os resultados do cenário IDEAL, atingindo valor de 9,0 mg/L. Percebe-se que, para a vazão de 80% de permanência – $Q_{80\%}$ houve uma redução em torno de 11% da concentração de DBO do cenário Diagnóstico para o cenário IDEAL.

Na projeção 2005, constata-se possibilidade de enquadramento em termos de DBO para vazões de permanência Q_{mlp} e $Q_{80\%}$ nas classes 1, 2 e 3 da Resolução

CONAMA 357/05 em todos os cenários avaliados. Percebe-se claramente o perfil de pouca poluição no Rio Pianduva.

FIGURA 52 - EVOLUÇÃO DA PERMANÊNCIA: CENÁRIOS – ANOS – RIO PIANDUVA – DBO

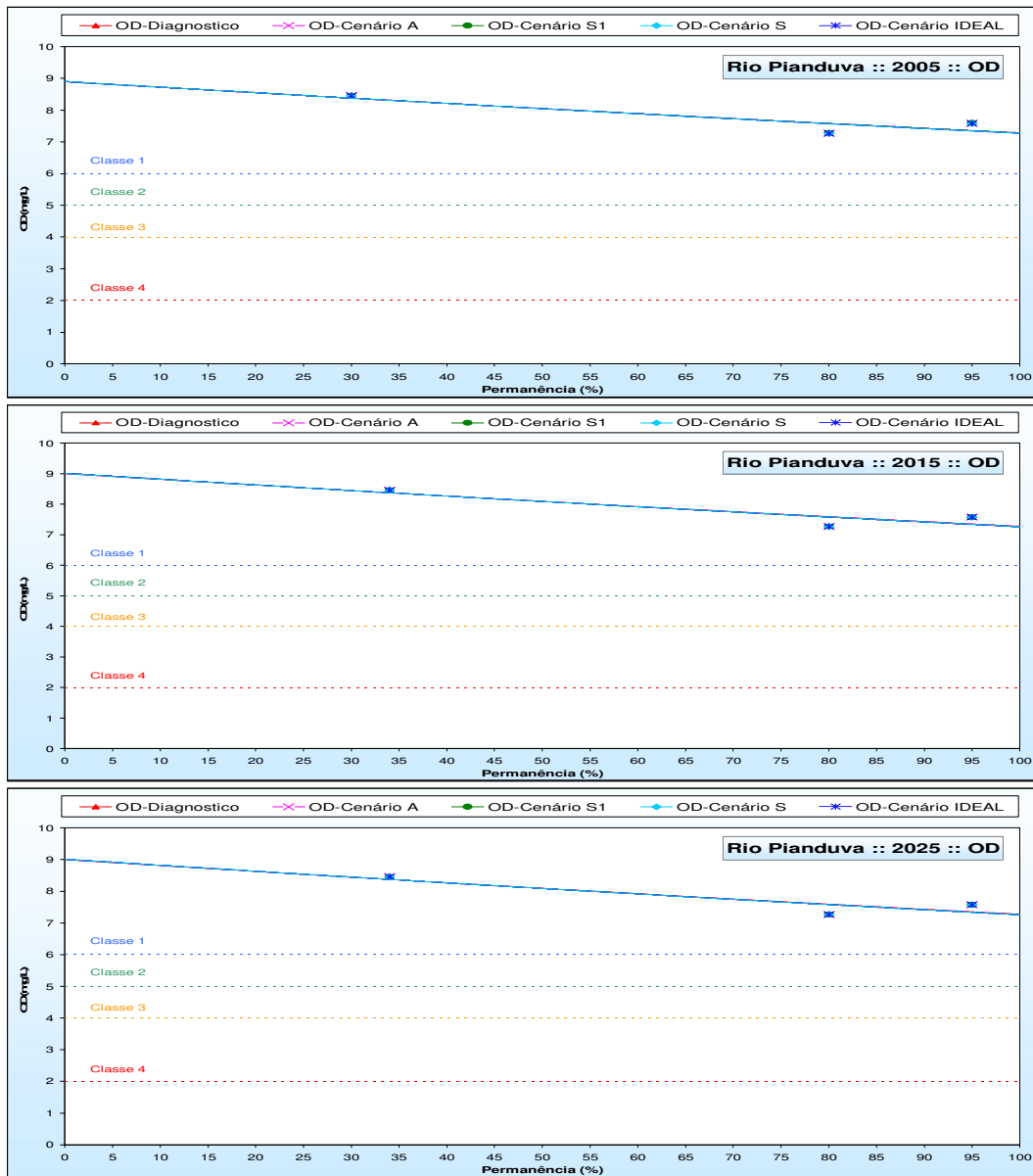


As projeções para 2015 e 2025 demonstram uma melhoria da qualidade da água do rio Pianduva com a implantação das medidas correspondentes aos cenários avaliados. Entretanto, percebe-se que a redução na concentração de DBO é

proporcional ao acréscimo populacional previsto conforme as projeções. A análise do enquadramento para os anos de 2015 e 2025 é similar à avaliação feita para o ano de 2005, ou seja, existe a possibilidade de enquadramento nas classes 1, 2 e 3 para vazões de permanência Q_{mip} e $Q_{80\%}$.

Os resultados das simulações do parâmetro OD do rio Pianduva para os cenários A, S1, S e IDEAL, como mostra a figura 53, ficaram muito próximos aos resultados do Diagnóstico para todas as projeções, sugerindo análise já comentada sobre o parâmetro OD. Percebe-se que o valor de OD para todos os cenários ficou acima de 7 mg/L, valor este acima do limite mínimo exigido para a classe 1 da Resolução CONAMA 357/05.

FIGURA 53 - EVOLUÇÃO DA PERMANÊNCIA: CENÁRIOS – ANOS – RIO PIANDUVA
– OD

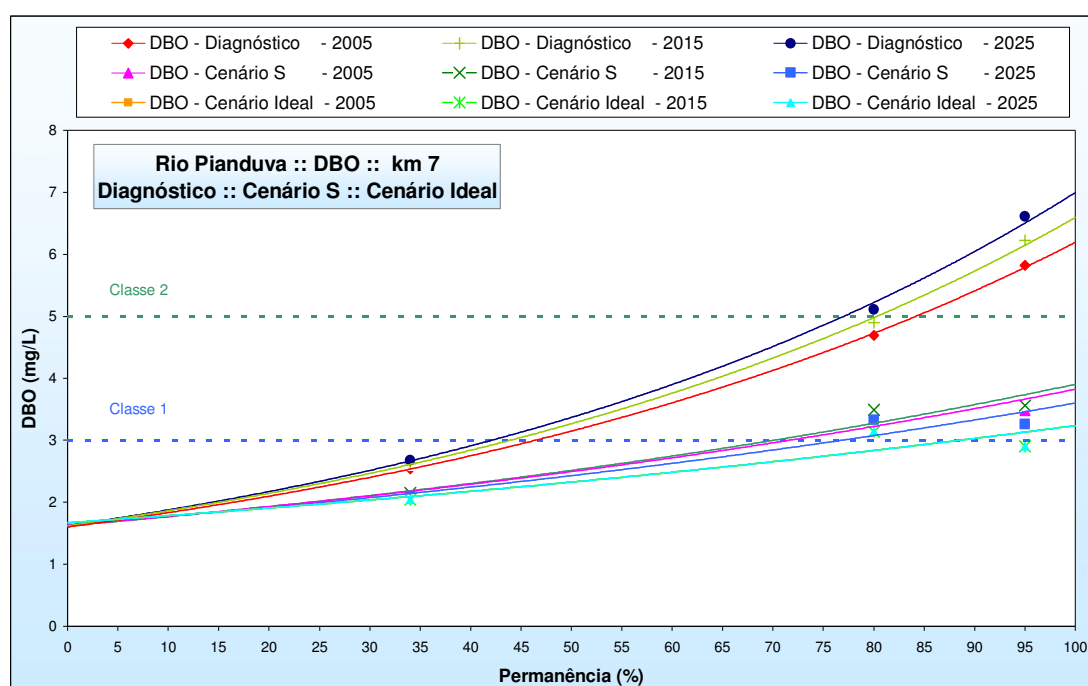


A Figura 54 representa os resultados de simulações de DBO no ponto médio do rio Pianduva ou km 7. Os cenários escolhidos para realizar esta análise foram: Diagnóstico, S e IDEAL. Como era de se esperar, o cenário Diagnóstico apresenta maior concentração de DBO em relação aos cenários S e IDEAL, tendo valores maiores para o ano de 2025. A aplicação de medidas de despoluição através dos cenários S e IDEAL reduziram a DBO para valores inferiores ao Diagnóstico, sendo

que os resultados para 2005, 2015 e 2025 no cenário IDEAL ficaram próximos entre si.

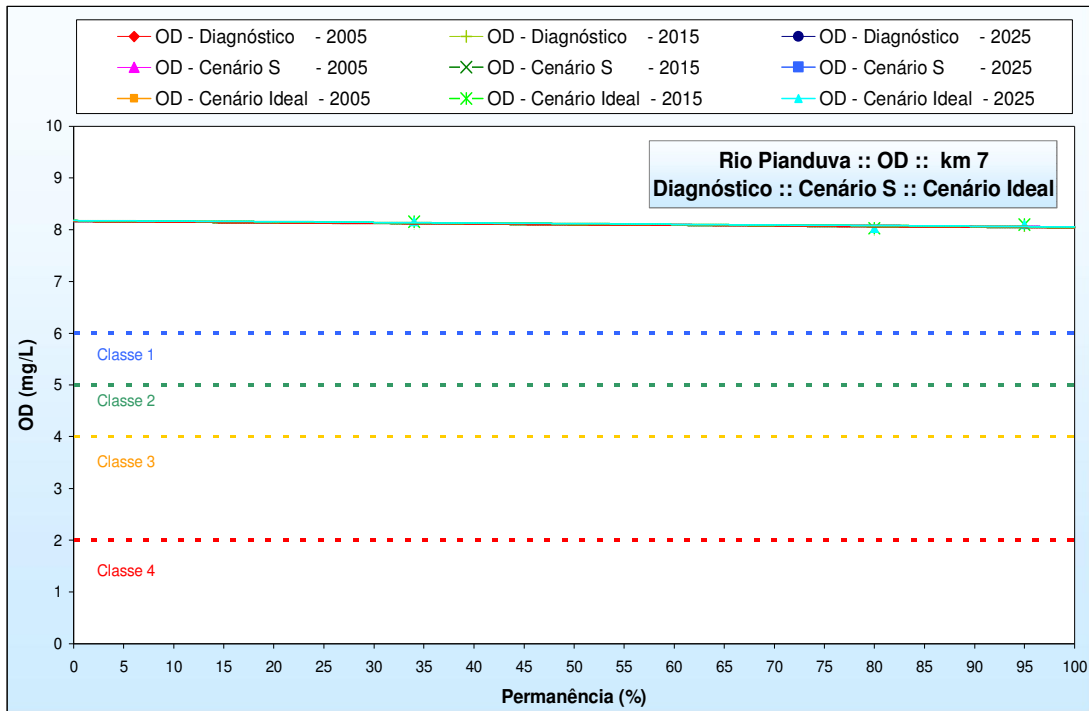
Para $Q_{80\%}$ por exemplo, os valores de DBO para o cenário IDEAL ficaram abaixo de 3 mg/L, permitindo o enquadramento na classe 1 da Resolução CONAMA 357/05. Para o cenário S, a qualidade da água em termos de DBO também apresentou resultados melhores, e na vazão de permanência de $Q_{80\%}$ os valores ficaram próximos ou abaixo de 3,5 mg/L.

FIGURA 54 - EVOLUÇÃO DA PERMANÊNCIA DBO – RIO PIANDUVA KM 7



A Figura 55 demonstra os resultados de simulações de OD no ponto médio do rio Pianduva ou km 7. Foram realizadas simulações para três cenários de medidas: Diagnóstico, S e IDEAL, igualmente como na análise de DBO. Para todas as simulações realizadas, os valores de OD ficaram bem próximos entre si, variando décimos em torno de 8 mg/L. Para este ponto do rio Pianduva, o OD manteve-se acima do limite mínimo da classe 1 da Resolução CONAMA 357/05, que é de 6 mg/L.

FIGURA 55 - EVOLUÇÃO DA PERMANÊNCIA OD – RIO PIANDUVA KM 7



5.2.5 Resultados da Função de Custos para as Simulações dos Cenários A, S1, S e IDEAL na Bacia Hidrográfica do Rio Pianduva

5.2.5.1 Avaliação de custo dos cenários

Seguindo a mesma forma de cálculo de custos para as medidas de despoluição do rio Palmital, os custos relacionados à implantação de medidas de despoluição para o rio Pianduva foram calculados através das funções de custos FC1, FC2 e FC3. Os resultados foram tabulados em gráficos, demonstrando os custos de implantação dos cenários A, S1, S e IDEAL no decorrer dos anos de projeções.

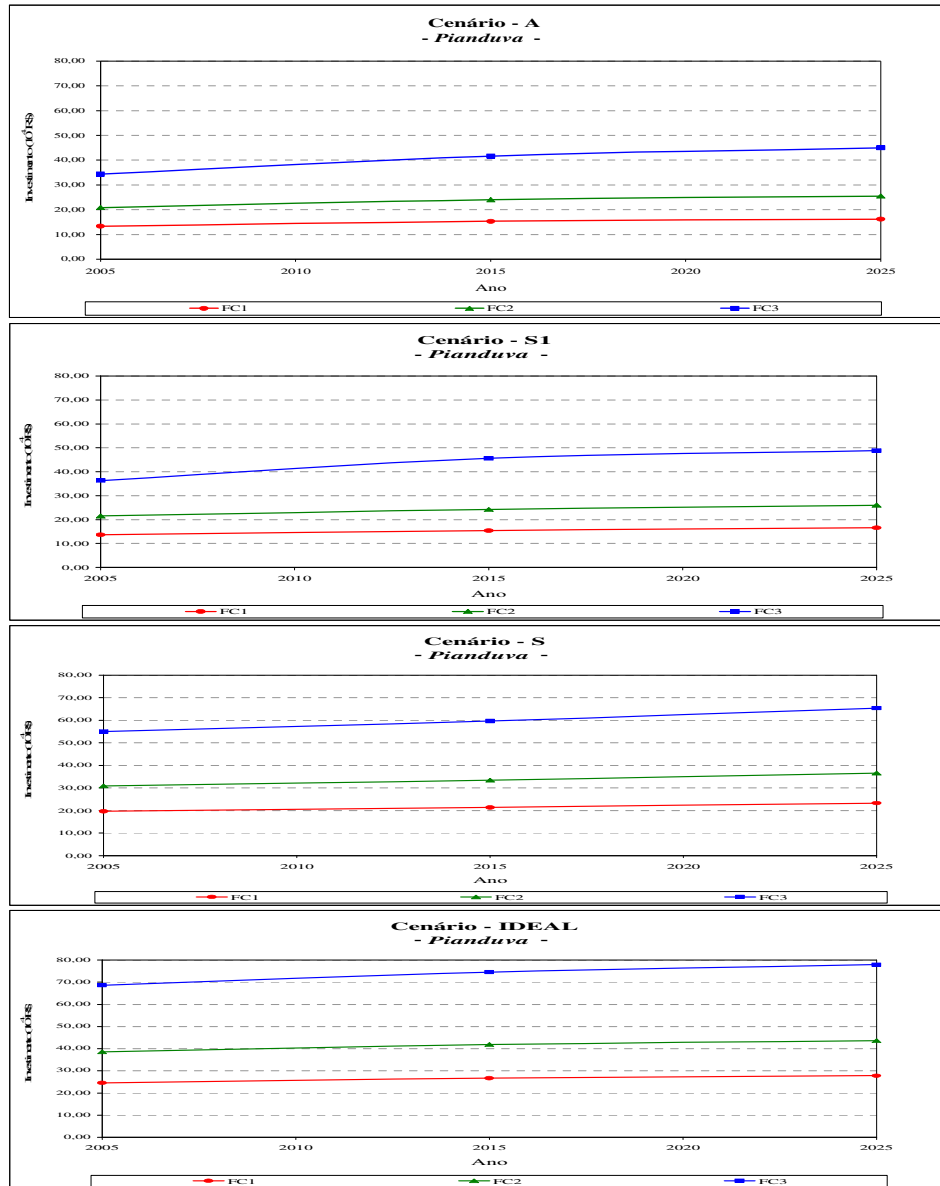
Na figura 56, é possível visualizar os custos referentes à implantação dos quatro cenários para as projeções 2005, 2015 e 2025 na bacia hidrográfica do rio Pianduva, conforme dados apresentados na tabela 4. Como previsto, a FC3

apresenta os maiores valores para todos os cenários avaliados, seguidos da FC2 e FC1, atestando a proporcionalidade entre as funções.

Para o cenário A, observa-se que os custos de implantação obtidos nas funções de custos aumentam para as projeções de 2005, 2015 e 2025. Para este cenário, os custos das medidas de despoluição são relativamente altos, totalizando R\$ 450 mil para FC3 até 2025. Percebe-se que a previsão de investimentos é maior em 2005, em torno de R\$ 350 mil, representando mais de 70% do total necessário, tendo em vista que para este cenário há um aumento significativo do percentual de coleta em relação ao Diagnóstico, ou seja, o percentual aumenta de 0% para 60% conforme proposto na tabela 4.

No cenário S1, o total previsto de investimentos é em torno de R\$ 490 mil na FC3. Observa-se que uma previsão de investimentos em 2015 relativamente altos, em torno de R\$ 450 mil, ou seja, quase 93% dos recursos totais previstos para esse cenário deverão ser investidos até 2015. Isso é explicado em função do elevado percentual de coleta e tratamento, permanecendo assim até a projeção para 2025.

FIGURA 56 - CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO DOS CENÁRIOS A, S1, S E IDEAL



Os custos finais estimados para cenário S na FC3 são de R\$ 660 mil aproximadamente, sendo que os investimentos previstos para 2005 são altos, em torno de R\$ 550 mil, representando 84% dos investimentos totais, pois este cenário prevê inicialmente maior índice de coleta.

O cenário IDEAL, como previsto, apresenta os custos mais elevados em relação aos demais, totalizando investimentos na ordem de R\$ 780 mil, obtidos a

partir da FC3. Percebe-se que para este cenário os investimentos iniciais são elevados, estimados em R\$ 690 mil, representando 88% do montante total necessário para implantação deste cenário.

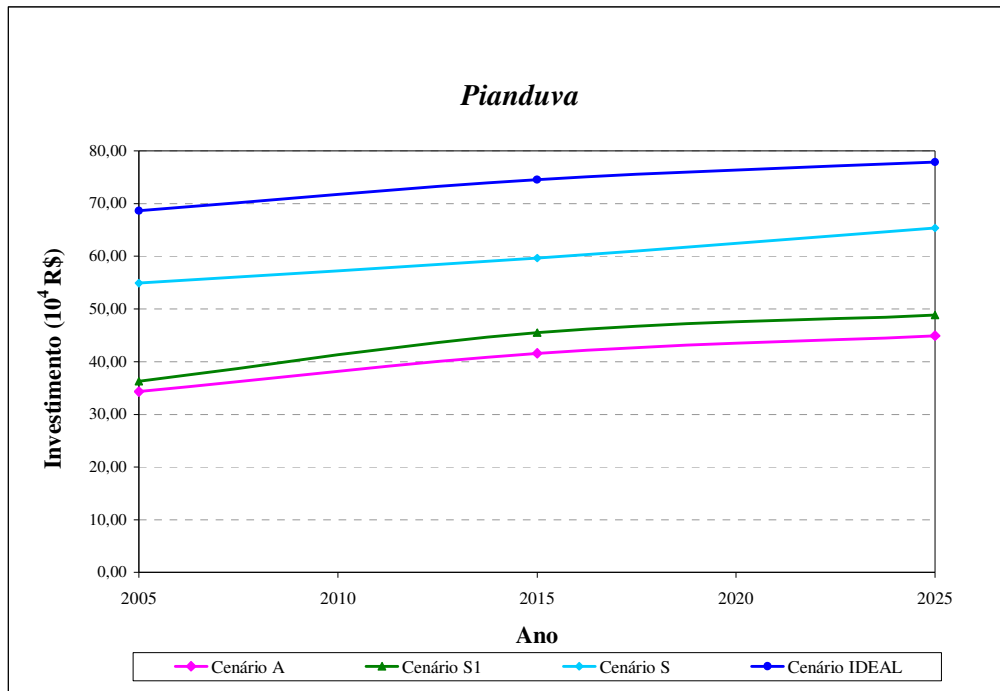
Na tabela 9 são apresentados os investimentos totais relativos aos cenários avaliados, calculados através da FC1, FC2 e FC3, sintetizando a análise demonstrada na figura 58.

TABELA 9 - CUSTOS DOS CENÁRIOS – PIANDUVA

| CENÁRIOS | CUSTOS (10 ⁴ R\$) | | |
|-------------|------------------------------|-------|-------|
| | FC1 | FC2 | FC3 |
| Diagnóstico | | | |
| A | 16,23 | 25,48 | 44,96 |
| S1 | 16,58 | 26,03 | 48,86 |
| S | 23,29 | 36,56 | 65,38 |
| IDEAL | 27,79 | 43,63 | 77,90 |

Na figura 57 foram apresentadas curvas estimadas através da FC3 para todos os cenários avaliados. É possível comparar os custos de implantação das medidas de despoluição e constatar que o menor investimento para a bacia é de R\$ 450 mil correspondente ao cenário A e o maior investimento se dá no cenário IDEAL, cujo montante final é de R\$ 780 mil, como previsto.

FIGURA 57 - CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO DOS CENÁRIOS A, S1, S E IDEAL – FC3



5.2.5.2 Avaliação de eficácia dos Investimentos

A aplicação de medidas de despoluição através dos cenários propostos reduz a carga poluidora no rio Pianduva, mensurado pelos parâmetros DBO e OD, como apresentado nos itens 5.2.1 e 5.2.2. No sentido de verificar a eficácia dos investimentos, a tabela 10 apresenta o agrupamento de resultados das estimativas de custos dos cenários: A, S1, S e IDEAL nas funções de custos FC1, FC2 e FC3 para os anos de 2005, 2015 e 2025. Atrelados a estas informações, foram demonstrados os valores dos parâmetros DBO e OD na foz e no ponto médio do rio Pianduva (km 7), incluindo o cenário Diagnóstico, com a intenção de comparar e avaliar os investimentos aplicados nas medidas através dos cenários.

TABELA 10 - CUSTOS DAS MEDIDAS DE DESPOLUIÇÃO E CONCENTRAÇÃO DE DBO E OD NA FOZ E PONTO MÉDIO (KM 7) – RIO PIANDUVA

| CUSTOS MEDIDAS DE DESPOLUIÇÃO - PIANDUVA - ANO 2005 | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------------|-------|-------|------------------|------|-----------|------|------------------|------|-----------|------|------------------|------|-----------|------|
| CENÁRIOS | CUSTOS (10 ⁴ R\$) | | | Q _{95%} | | | | Q _{80%} | | | | Q _{mlp} | | | |
| | | | | DBO (mg/L) | | OD (ml/L) | | DBO (mg/L) | | OD (ml/L) | | DBO (mg/L) | | OD (ml/L) | |
| | FC1 | FC2 | FC3 | FOZ | km 7 | FOZ | km 7 | FOZ | km 7 | FOZ | km 7 | FOZ | km 7 | FOZ | Km 7 |
| Diagnóstico | | | | 11,4 | 5,8 | 7,6 | 8,1 | 10,5 | 4,7 | 7,3 | 8,0 | 3,4 | 2,5 | 8,5 | 8,1 |
| A | 13,30 | 20,88 | 34,33 | 11,1 | 5,3 | 7,6 | 8,1 | 10,3 | 4,4 | 7,3 | 8,0 | 3,3 | 2,5 | 8,5 | 8,1 |
| S1 | 13,71 | 21,53 | 36,29 | 10,9 | 5,0 | 7,6 | 8,1 | 10,2 | 4,2 | 7,3 | 8,0 | 3,3 | 2,4 | 8,5 | 8,1 |
| S | 19,66 | 30,87 | 54,92 | 10,0 | 3,5 | 7,6 | 8,1 | 9,7 | 3,5 | 7,3 | 8,0 | 3,1 | 2,1 | 8,5 | 8,1 |
| IDEAL | 24,58 | 38,59 | 68,65 | 9,6 | 2,9 | 7,6 | 8,1 | 9,5 | 3,1 | 7,3 | 8,0 | 3,0 | 2,0 | 8,5 | 8,2 |
| CUSTOS MEDIDAS DE DESPOLUIÇÃO - PIANDUVA - ANO 2015 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Diagnóstico | | | | 11,8 | 6,2 | 7,6 | 8,1 | 10,6 | 4,9 | 7,3 | 8,0 | 3,4 | 2,6 | 8,5 | 8,1 |
| A | 15,30 | 24,03 | 41,62 | 10,8 | 4,6 | 7,6 | 8,1 | 10,1 | 4,1 | 7,3 | 8,0 | 3,2 | 2,3 | 8,5 | 8,1 |
| S1 | 15,43 | 24,22 | 45,53 | 9,7 | 2,9 | 7,6 | 8,1 | 9,5 | 3,1 | 7,3 | 8,0 | 3,1 | 2,0 | 8,5 | 8,2 |
| S | 21,31 | 33,46 | 59,65 | 10,1 | 3,6 | 7,6 | 8,1 | 9,8 | 3,5 | 7,3 | 8,0 | 3,1 | 2,2 | 8,5 | 8,1 |
| IDEAL | 26,64 | 41,83 | 74,56 | 9,7 | 2,9 | 7,6 | 8,1 | 9,5 | 3,1 | 7,3 | 8,0 | 3,1 | 2,0 | 8,5 | 8,2 |
| CUSTOS MEDIDAS DE DESPOLUIÇÃO - PIANDUVA - ANO 2025 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Diagnóstico | | | | 12,1 | 6,6 | 7,6 | 8,1 | 10,8 | 5,1 | 7,3 | 8,1 | 3,5 | 2,7 | 856 | 8,1 |
| A | 16,23 | 25,48 | 44,96 | 10,7 | 4,4 | 7,6 | 8,1 | 10,1 | 3,9 | 7,3 | 8,0 | 3,2 | 2,3 | 8,5 | 8,1 |
| S1 | 16,58 | 26,03 | 48,86 | 9,8 | 2,9 | 7,6 | 8,1 | 9,6 | 3,1 | 7,3 | 8,0 | 3,1 | 2,0 | 8,5 | 8,2 |
| S | 23,29 | 36,56 | 65,38 | 10,0 | 3,3 | 7,6 | 8,1 | 9,7 | 3,3 | 7,3 | 8,0 | 3,1 | 2,1 | 8,5 | 8,1 |
| IDEAL | 27,79 | 43,63 | 77,90 | 9,8 | 2,9 | 7,6 | 8,1 | 9,6 | 3,1 | 7,3 | 8,0 | 3,1 | 2,0 | 8,5 | 8,2 |

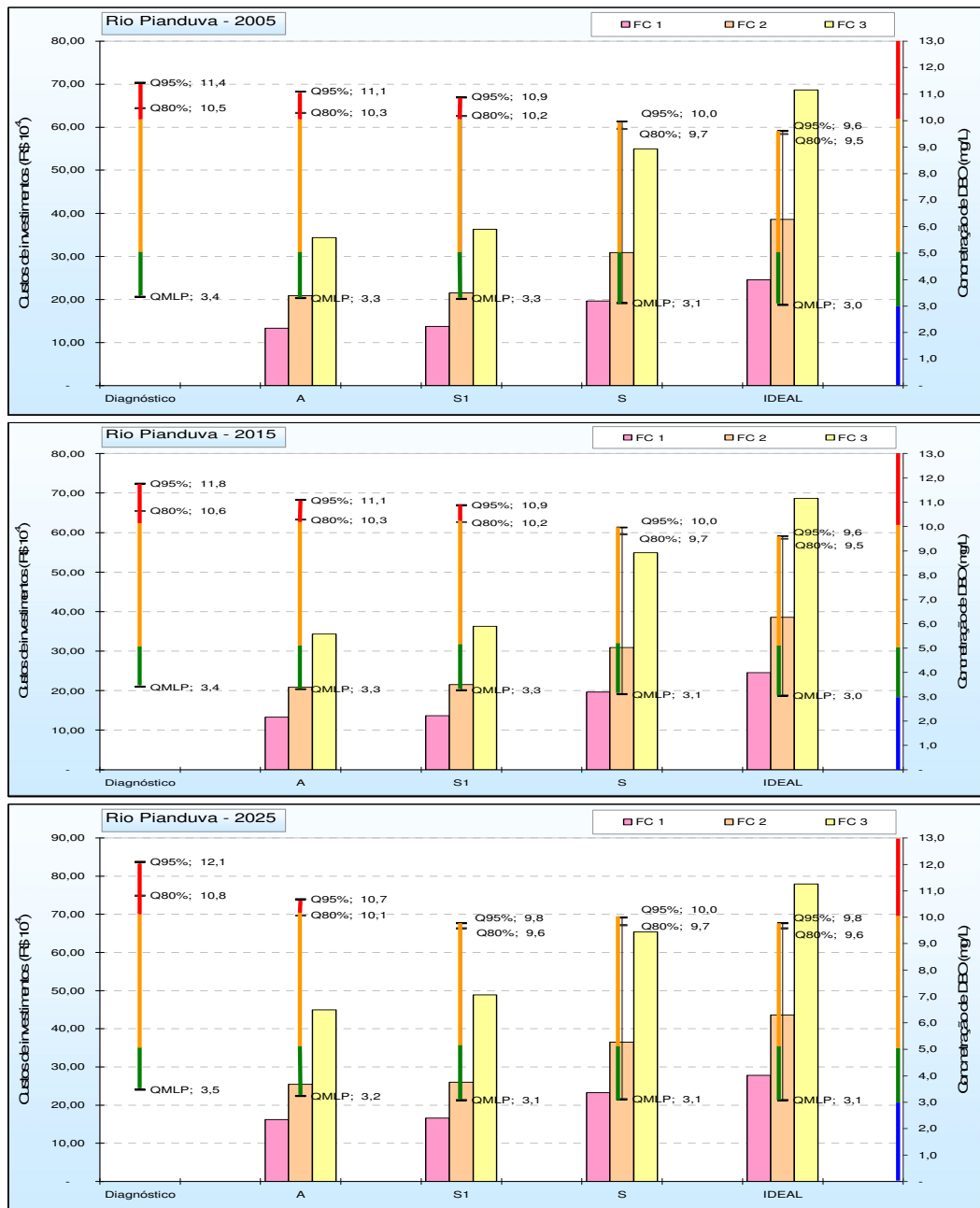
Apresentando os resultados de DBO na foz e no ponto médio provenientes de cada cenário e comparando com os investimentos previstos através da FC1, FC2 e FC3, é possível fazer a seguinte avaliação:

- o cenário A, que prevê alto índice de coleta e baixo percentual de tratamento para 2005, aumentando gradativamente esses percentuais em 2015 e 2025, assume valores estimados de investimentos totais de R\$ 160 mil na FC1, com investimentos parciais de R\$ 130 mil em 2005 e até 150 mil em 2015, totalizando R\$ 160 mil em 2025. Na FC3, o valor total do investimento é de R\$ 450 mil, com desembolsos parciais em 2005 e 2015 de R\$ 340 mil e R\$ 42 mil, respectivamente. O parâmetro DBO na foz do rio Pianduva assume valores próximos a 10 mg/L e no ponto médio esses valores ficam abaixo de 6 mg/L.
- o cenário S1 prevê o mesmo percentual de coleta do cenário A para 2005, evoluindo para 100% de coleta e tratamento nos 2015 e 2025, correspondendo aos custos totais na CF1 de aproximadamente R\$ 161 mil, com desembolsos de R\$ 130 mil em 2005 e até R\$ 150 mil até 2015. Na FC3 os valores são da ordem de R\$ 490 mil, com desembolsos parciais de R\$ 360 mil em 2005 e até R\$ 450 mil em 2015. Observa-se uma pequena redução nos valores da DBO em relação ao cenário anterior na foz e no ponto médio.
- o cenário S contempla elevado percentual de coleta para 2005 com evolução para 2015 e 2025, porém com 100% de tratamento para as três projeções. Os recursos estimados são da ordem de R\$ 230 mil. Porém, este cenário não demonstrou melhoria da qualidade da água em relação ao cenário S1, tanto no ponto médio e na foz.
- o cenário IDEAL é aquele que corresponde a 100% de coleta e tratamento, com 95% de eficiência para todos os anos analisados. Como era de se esperar, os investimentos são superiores aos cenários A, S1 e S e seus valores aproximados são de R\$ 280 mil na FC1 e de R\$ 78 mil na FC3. Para este cenário, também não foi observada redução significativa nos valores de DBO. Entretanto, os menores valores de DBO apresentam na vazão de permanência Q_{mlp} para todos os cenários

avaliados, ficando abaixo de 4 mg/L na foz do rio, permitindo o enquadramento nas classes 1 ou 2 da Resolução CONAMA 357/05.

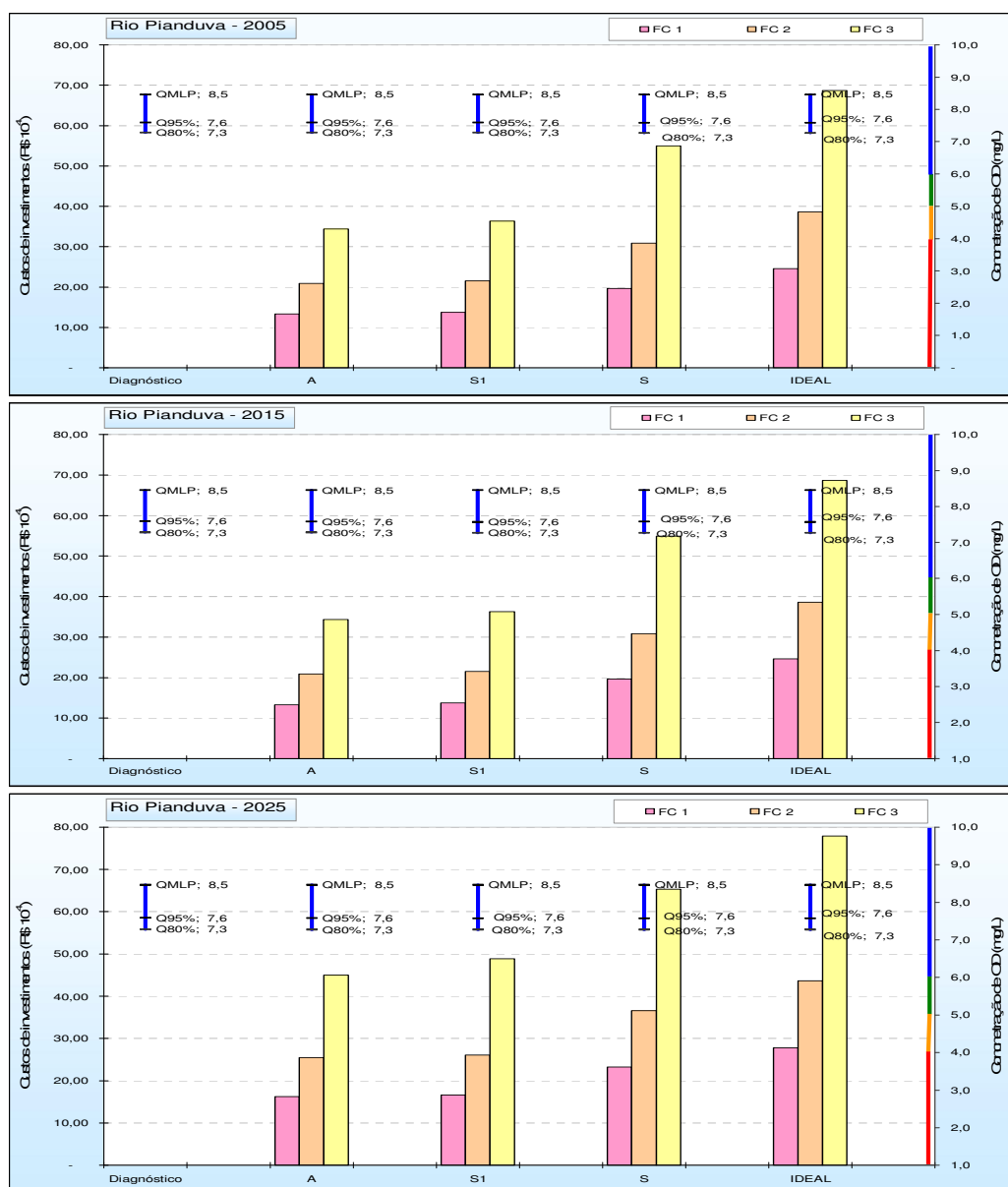
Na figura 58 é possível visualizar as informações de custos estimados através das funções FC1, FC2 e FC3 para cada cenário avaliado e os valores obtidos de DBO na foz do rio Pianduva. Aliados a estas informações, foram tabulados os valores correspondentes às vazões $Q_{95\%}$, $Q_{80\%}$ e Q_{mlp} e as classes de qualidade de água segundo a Resolução CONAMA 357/05. Nesta figura, é possível verificar em 2025 os custos totais de investimentos necessários para a remoção da carga orgânica poluidora no rio Pianduva ao longo do período de projeto conforme cada cenário proposto. Visando exemplificar, é possível constatar que o cenário A representa um custo total de aproximadamente R\$ 450 mil na FC3, com valores de DBO de 10,7 mg/L, 10,1 mg/L e 3,2 mg/L para as vazões $Q_{95\%}$, $Q_{80\%}$ e Q_{mlp} , respectivamente. Os valores poderão ser investidos parceladamente em 2005 e 2015 como mostra a figura, até a obtenção do custo total em 2025. Percebe-se que este cenário já permite uma sugestão de enquadramento, para algumas vazões de permanência.

FIGURA 58- FUNÇÃO CUSTO X CENÁRIOS X CONCENTRAÇÃO DE DBO NA FOZ – RIO PIANDUVA



Na figura 59 é possível visualizar as mesmas informações demonstradas na figura anterior, porém, para o parâmetro OD. Para o mesmo cenário A, com investimentos totais de R\$ 450 mil na FC3, é possível constatar uma elevação dos valores de OD, permitindo sugerir o enquadramento no mínimo na classe 2 da resolução CONAMA 357/05.

FIGURA 59 - FUNÇÃO CUSTO X CENÁRIOS X CONCENTRAÇÃO DE OD NA
FOZ – RIO PIANDUVA



5.2.6 Proposta de Enquadramento do Rio Pianduva sob a ótica do Usuário de Recursos Hídricos

A área da bacia hidrográfica do rio Pianduva não está inserida na delimitação geográfica apontada no Decreto nº 6390/06 como sendo área de

manancial de abastecimento da Região Metropolitana de Curitiba. Sua localização está a jusante da represa do Passaúna e nesta região não há previsão de manancial futuro. Por ser uma bacia que possui pequena extensão, aproximadamente 14 km e população de 715 habitantes em 2005, não há grande variação de poluição hídrica no horizonte de projeto e nos cenários propostos. Conforme Diagnóstico realizado, não há nenhuma captação outorgada e nem lançamento de efluente industrial, apenas doméstico. Assim sendo, a elaboração de proposta de enquadramento levou em consideração que o uso preponderante na bacia é dessedentação de animais e irrigação para micro-plantações.

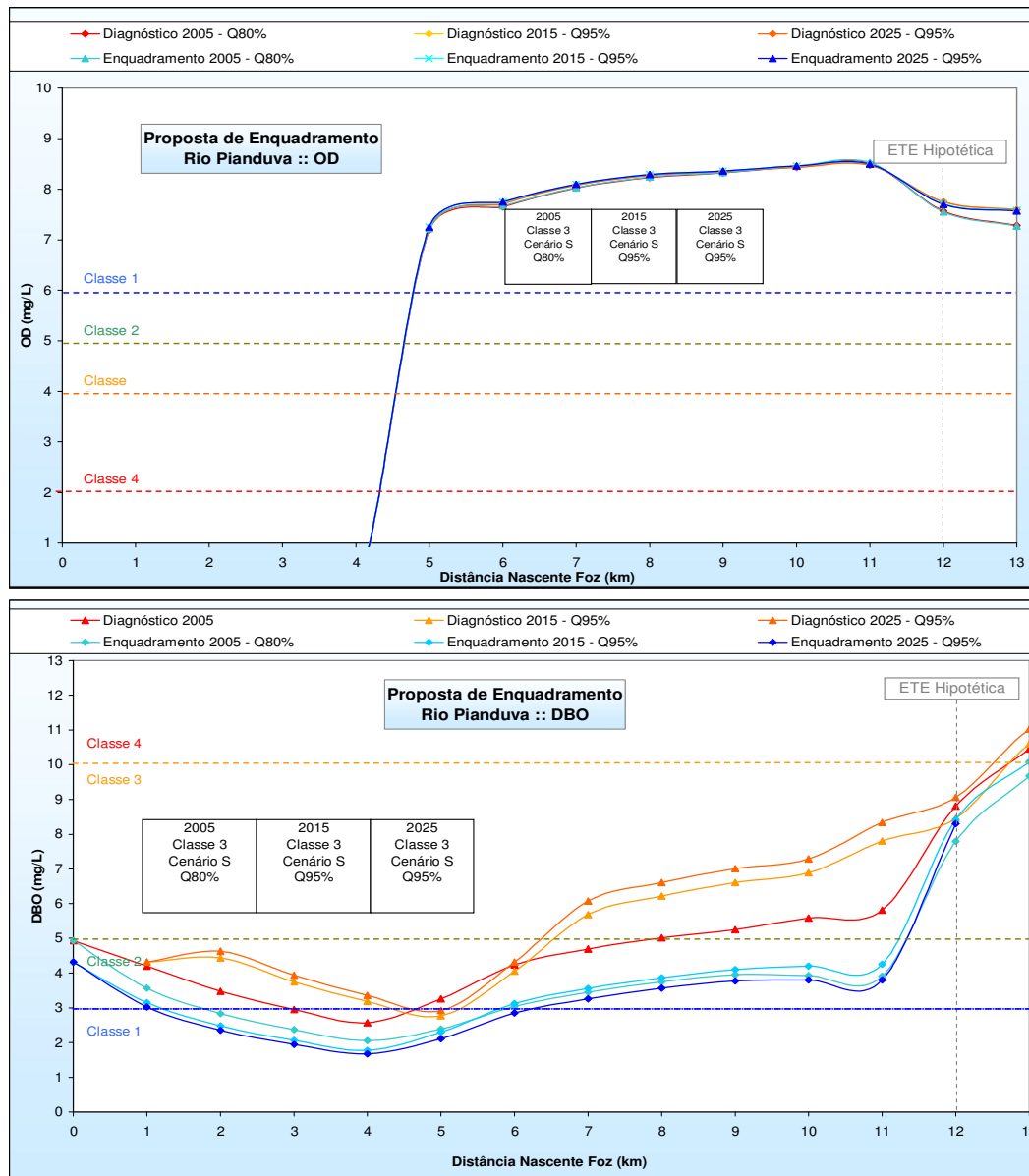
Procurou-se ajustar uma proposta condizente com a realidade atual da bacia, levando-se em consideração a evolução da qualidade de água e vazões de permanência. Neste contexto, foi elaborada a seguinte proposta de enquadramento para o rio Pianduva:

- classe 3: das nascentes a foz no rio Iguaçu. A vazão de permanência prevista para 2005 é a $Q_{80\%}$, sendo que em 2015 até 2025 a vazão é de $Q_{95\%}$.
- Usos Preponderantes: dessedentação animal e irrigação.

A proposta de enquadramento leva em consideração um ganho de vazão em 2015 e 2025 para a mesma classe de qualidade, ao mesmo tempo propõe uma diminuição do risco de não atendimento, passando de 20% a 5% apenas. O cenário IDEAL foi o que apresentou melhor desempenho no prognóstico, entretanto, o cenário escolhido foi o cenário S por apresentar desempenho satisfatório na redução de DBO ao longo dos anos simulados, não sendo necessárias medidas com elevado percentual de coleta e tratamento.

A figura 60 apresenta os resultados das simulações resultantes do QUAL2E, na composição proposta para o enquadramento do rio Pianduva.

FIGURA 60 - PROPOSTA DE ENQUADRAMENTO – RIO PIANDUVA



É possível prever que os valores de OD e DBO ficam próximos aos limites estabelecidos para a classe 3, conforme proposto. O parâmetro OD tem comportamento próximo à zero até o km 4 para as vazões de permanência $Q_{80\%}$ e $Q_{95\%}$, em função das condições hidráulicas, dados populacionais e vazão incremental, cuja análise está mais detalhada no item 5.2.3. Após este trecho, os valores de OD ficam superiores a 6 mg/L. Os valores de DBO ficam abaixo de 10 mg/L em quase todo o percurso, sendo que até o km 11 assume valores abaixo de 5

mg/L. Após este trecho, há uma elevação de DBO em função do lançamento de efluentes da ETE Hipotética.

Para a proposição das metas de qualidade, este estudo ponderou que não há limitação orçamentária para a implementação das medidas previstas em 2005, 2015 e 2025.

A tabela 11 apresenta a proposta de enquadramento para o rio Pianduva, considerando as metas de qualidade intermediárias e final e os respectivos custos de investimentos.

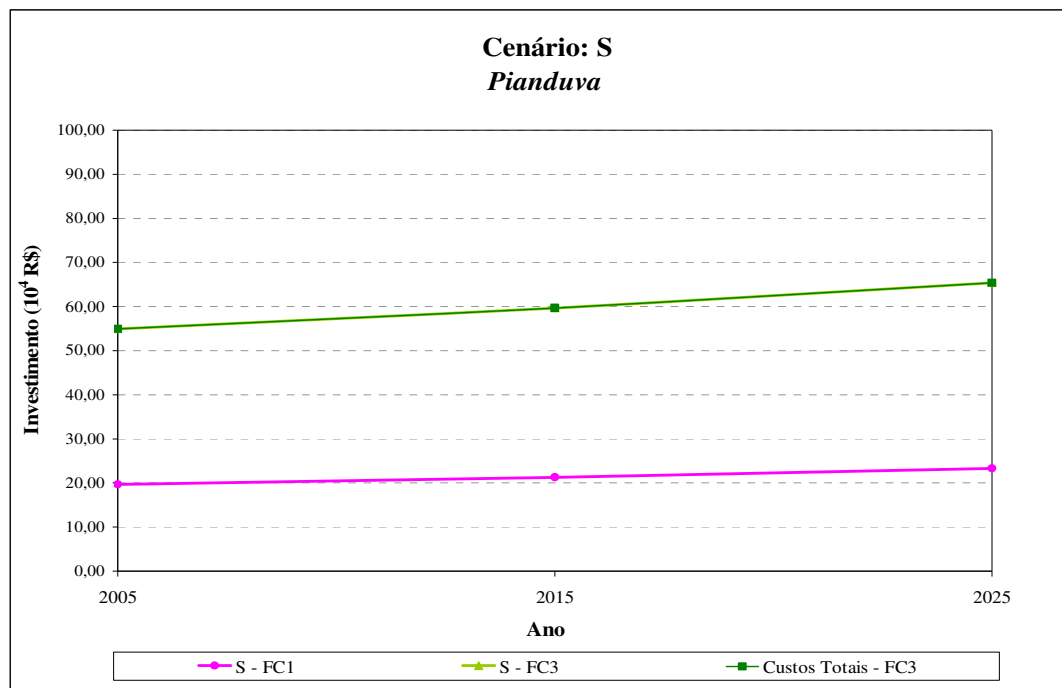
TABELA 11 - METAS PARA ENQUADRAMENTO DO RIO PIANDUVA

| ANO | CUSTOS (R\$ 10 ⁴) | OD _{med} (mg/L) | DBO _{med} (mg/L) |
|------|-------------------------------|--------------------------|---------------------------|
| 2005 | 19,70 - 54,90 | 5,1 | 4,1 |
| 2015 | 21,30 - 59,60 | 5,1 | 4,1 |
| 2025 | 23,30 - 65,40 | 5,1 | 3,9 |

Os custos totais para a implementação das medidas são de aproximadamente R\$ 233,00 mil na FC1 e R\$ 654,00 mil na FC3 correspondentes ao cenário S. Os valores médios de OD e DBO foram calculados por média simples na simulação do cenário enquadramento, demonstrando a viabilidade da proposta.

Na figura 61, estão apresentados os custos estimados para investimentos conforme a proposta de enquadramento, levando em consideração os custos obtidos na FC1 e FC3. É possível constatar que serão necessários investimentos totais da ordem de R\$ 654 mil até 2025, podendo ser escalonados para os anos intermediários, com a seguinte previsão: até R\$ 549 mil em 2005 ou R\$ 596 mil até 2015.

FIGURA 61- CUSTOS DE INVESTIMENTO – ENQUADRAMENTO DO RIO PIANDUVA



Como na proposta do rio Palmital, o enquadramento sugerido para o rio Pianduva é uma das combinações possíveis para atendimento à classe de qualidade de água prevista na Resolução CONAMA 357/05. A melhor alternativa deverá ser estabelecida pelo Comitê de Bacia, levando-se em consideração a restrição orçamentária ou demais critérios julgados importantes pelos seus usuários.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O principal objetivo deste trabalho foi de propor uma metodologia para enquadramento de corpos de água na visão de um usuário de saneamento, combinando matriz de fontes de poluição, monitoramento e estudos hidrológicos integrados a um modelo de qualidade da água. Esta metodologia foi aplicada nos rios Palmital e Pianduva que compõem a bacia hidrográfica do Alto Iguaçu. Os resultados foram considerados satisfatórios quanto à contribuição metodológica para o entendimento do enquadramento com metas progressivas.

As medidas de despoluição hídrica visando à estratégia de enquadramento com metas progressivas foram realizadas através da implantação de cinco cenários:

(i) Cenário Tendencial (diagnóstico e prognóstico): mostra a situação atual (2005) e futura (2015 e 2025) da qualidade da água na bacia caso nenhuma medida de despoluição seja implantada.

(ii) Cenário A: define medidas de despoluição hídrica de forma gradual, através de implantação de elevado percentual de coleta de esgotos domésticos em 2005.

(iii) Cenário S1: reflete medidas intermediárias de despoluição hídrica nos primeiros anos, elevando os percentuais de coleta e tratamento até 2025.

(iv) Cenário S: formado por medidas de despoluição que privilegiam a coleta e tratamento de esgotos domésticos em 2005, elevando gradativamente estes percentuais até 2025.

(v) Cenário IDEAL: este cenário reflete medidas de despoluição hídrica com 100% de coleta e tratamento dos esgotos domésticos e remoção de 95% da carga orgânica.

Destaca-se que o cenário com maior probabilidade de ocorrência no setor de saneamento é o cenário S, cujos investimentos são aplicados em rede coletora e estações de tratamento de forma escalonados. Entretanto, constataram-se dificuldades para o estabelecimento de cenários de investimentos, tendo em vista que os planos diretores existentes não contemplam de forma específica as ações de melhorias nas bacias hidrográficas em estudo.

O cenário que apresentou melhores condições de qualidade da água para os rios Palmital e Pianduva, em termos de DBO e OD, foi através do cenário IDEAL e

na vazão média de longo período (Q_{mlp}) para todos os anos avaliados. Porém, observou-se que para todos os cenários avaliados houve melhoria da qualidade da água em relação ao Diagnóstico.

Um aspecto interessante observado nas simulações diz respeito à condição de enquadramento do rio Palmital no ponto foz. Mesmo para o esforço de remoção de carga representado pelo cenário IDEAL, com investimentos estimados em R\$ 193 milhões na FC3, não foi possível atingir a concentração de 5 mg/L para a DBO, conforme exigido para a classe 2 da Resolução CONAMA 357/05 na vazão de permanência de 95% do tempo. Daí a importância em se estabelecer metas progressivas associando aspecto de melhoria da qualidade da água e permanência de vazão.

Neste contexto, foi proposto o enquadramento do rio Palmital por trechos e aceitando um risco de que 20% do tempo a qualidade da água não será atendida. A vazão $Q_{80\%}$ foi a condição encontrada para enquadrar o rio na classe 2 até o km 8, tendo em vista que nesse trecho o uso preponderante é para abastecimento público. Após esse trecho a proposta sugere enquadramento na classe 4. Para a implantação de medidas de despoluição na bacia, procurou-se viabilizar uma alternativa que aliasse custos de investimentos e avaliação da qualidade da água. Assim, a combinação do cenário IDEAL e S1 possibilitou esta estratégia a um custo total de R\$ 170 milhões, escalonados até 2025.

Para o rio Pianduva, a proposta de enquadramento procurou associar o uso atual da bacia e metas progressivas com ganho de vazão em 2015 e 2025. Foi sugerida a classe 3 para a situação atual com 80% de permanência de vazão. O risco de não atendimento à classe sugerida diminui em 2015 e 2025, passando de 20% a 5%. O cenário IDEAL foi o que apresentou melhores condições à qualidade da água, com custos de investimentos estimados em R\$ 654 mil escalonados até 2025.

É importante destacar que existem outros caminhos para o enquadramento de corpos de água através de vazões de permanência mais ou menos restritivas, ou priorizando metas intermediárias e final de qualidade da água. O desafio está justamente em olhar sobre toda a bacia e para um horizonte de projeto, conciliando interesses e usos prioritários da bacia e pactuar as metas de qualidade da água. Esta negociação deverá estar estabelecida no plano de recursos hídricos.

Um aspecto relevante desta pesquisa é a avaliação do enquadramento sob a perspectiva do risco, ou seja, qual a visão de consenso necessária que permite a violação do enquadramento por um período de tempo. Esta estratégia foi exercitada na proposta de enquadramento dos rios Palmital e Pianduva.

Outra conclusão importante deste estudo está associada às dificuldades de estimativa de custos de medidas de despoluição hídrica e o estabelecimento de cenários de investimentos. Mesmo para uma empresa de saneamento, a escolha de cenários de investimentos não se constitui numa tarefa simples. Os planos diretores de saneamento devem assegurar uma lógica de implantação de medidas de tal forma a permitir uma negociação com os demais usuários da bacia. O planejamento associado ao consenso deve prevalecer como instrumentos norteadores para o estabelecimento de metas de qualidade nos planos de bacias.

Dificuldades também foram encontradas no que diz respeito à atualização e integração de dados, bem como na utilização e calibração do modelo QUAL2E.

Além disso, um conjunto de considerações resultante desta pesquisa pode ser destacado e enumerado a seguir:

(a) A questão da disponibilidade da água, compatibilizando tanto aspecto relativo à qualidade como quantidade, é um processo complexo e, para a Região Metropolitana de Curitiba inserida na Bacia do Alto Iguaçu, a disponibilidade hídrica é relativamente crítica e representa um dos importantes fatores de limitação ao desenvolvimento da região.

(b) O processo de gestão da qualidade no Brasil passa por profundas mudanças, saindo do sistema que previa basicamente ações fiscalizadoras para atendimento aos padrões ambientais e iniciando processos descentralizados que envolvem planejamento e participação de todos os usuários.

(c) Existe a necessidade premente de atuação integrada entre as diversas áreas ligadas aos recursos hídricos e saneamento básico no âmbito federal (Ministério do Meio Ambiente e Ministério das Cidades), visando uniformizar conceitos contraditórios e compatibilizar objetivos.

(d) A Lei 9.433/97 permite a gestão dos recursos hídricos de modo a utilizar os instrumentos de gestão que vão desde o planejamento da bacia hidrográfica até o acompanhamento da evolução da qualidade da água através de metas progressivas.

E o instrumento de enquadramento assume grande interface com os demais instrumentos e na gestão da qualidade da água.

(e) O enquadramento envolvendo a aplicação de conceitos de metas progressivas para a remoção de cargas configura-se com um grande desafio para todos os estados brasileiros, haja vista que poucos rios são enquadrados sob a luz da nova Resolução CONAMA 357/05.

(f) Para adequada gestão da qualidade da água, é necessário compatibilizar estudos hidrológicos e monitoramento contínuo, permitindo avaliar a disponibilidade de água para atendimento aos usos múltiplos.

(g) Na bacia do Alto Iguaçu, um dos maiores problemas de poluição é o lançamento de esgotos com pouco ou nenhum tratamento, envolvendo irregularidades e uso incorreto da rede coletora de esgotos. Sendo assim, medidas de despoluição devem ser implantadas na bacia visando recuperar e manter a qualidade da água.

(h) Importante contribuição deste trabalho é a disponibilização de uma proposta conceitual orientativa para os estudos de enquadramento de corpos de água, que poderá ser utilizada por técnicos e órgãos gestores de recursos hídricos.

(i) Outra contribuição não menos importante desta pesquisa é o de destacar o papel de uma empresa de saneamento no contexto da gestão de recursos hídricos, exigindo integração e articulação dos instrumentos disponíveis visando elevar os índices de coleta e tratamento de esgotos sanitários nos municípios densamente urbanizados.

(j) Os Planos Diretores de Água e de Esgoto atualizados das empresas prestadoras de serviços de saneamento básico têm papel fundamental na integração com demais planos diretores e nos processos de recuperação e manutenção da qualidade da água.

(k) A quantificação dos investimentos em obras de saneamento não se constitui em tarefa simples, visto que são inúmeras as variáveis envolvidas e inexistem informações sistematizadas. Entretanto, o enfoque do estudo de caso nas bacias hidrográficas dos rios Palmital e Pianduva é o de simular uma proposta de enquadramento e ressaltar a necessidade de priorização de investimentos através de medidas de despoluição para atender as metas de qualidade da água.

(I) A decisão sobre qual deverá ser a vazão de referência a ser adotado no processo de enquadramento é um desafio a ser assumido pelo Comitê de Bacia, sendo que esta vazão está associada ao risco de não atendimento à meta de qualidade da água, pois quanto maior o tempo de permanência, menor é a vazão. Sendo assim é necessário mais investimento para manter a qualidade da água na vazão outorgada.

Como recomendação para estudos futuros, sugere-se os seguintes temas:

- programas de monitoramento quantitativo associado ao monitoramento qualitativo, para que possam ser geradas informações essenciais para a gestão de recursos hídricos, principalmente para processos de outorgas, cobranças e enquadramento de corpos de água.
- pesquisas em novas tecnológicas para disponibilizar processos de tratamento de esgotos mais acessíveis, visando a melhoria de eficiência de remoção de poluentes e adequada disposição dos resíduos.
- por ser um processo pouco conhecido, há necessidade de incentivar programas de formação e capacitação de técnicos e gestores de recursos hídricos, objetivando o desenvolvimento e implementação dos instrumentos preconizados na Lei 9.433/97.
- o apoio tecnológico configura-se com a base para o desenvolvimento de instrumentos de gestão de recursos hídricos, sendo necessário o aporte de recursos para assegurar sua efetiva disponibilização.
- os estudos realizados na bacia do Alto Iguaçu, proporcionado pelo Projeto Bacias Críticas, possuem caráter original e inovador e assumem importante papel no plano de bacias em termos de metodologia de enquadramento e simulação da qualidade da água. Esta metodologia conceitual deverá ser replicada nas demais bacias do Estado do Paraná, servindo como modelo para a elaboração de proposta de enquadramento de corpos de água.

REFERÊNCIAS

ANDREOLI, C. V. (ed.). **Mananciais de abastecimento: planejamento e gestão.** Estudo de Caso do Altíssimo Iguaçu. Curitiba, SANEPAR FINEP, 2003.

ANDREOLI, C. V.; DALARMI, O.; LARA, A. I.; ANDREOLI, F. N. Limites ao desenvolvimento da região metropolitana de Curitiba, impostos pela escassez de água. SANARE. **Revista Técnica da SANEPAR**, Curitiba, v. 12, n. 12, p. 31-42, 1999.

BÄUMLE, A. M. B. **Avaliação de benefícios econômicos da despoluição hídrica:** efeitos de erros de calibração de modelos de qualidade da água. Curitiba, 2005. 285 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) - Universidade Federal do Paraná.

BELO HORIZONTE. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. **Relatório final:** saneamento e recursos hídricos. Plano nacional de recursos hídricos. Belo Horizonte: MMA, 2006.

BIZZONI, M. **Análise e modelagem numérica da qualidade da água na região do Alto Iguaçu.** Curitiba, 2000. 170 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) - Universidade Federal do Paraná.

BRANCO, S. M. **Água: origem, uso e preservação.** São Paulo: Moderna, 1993. (Coleção Polêmica)

BRASIL. Lei nº 9433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Relator: Fernando Henrique Cardoso. **Diário Oficial da União**, Brasília, 8 de janeiro de 1997.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de saneamento.** 3. ed. Brasília: FUNASA, 2004b. 374p.

BRASIL. Ministério das Cidades. Programa de Modernização do Setor Saneamento. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Consultoria para elaboração do estudo dimensionamento das necessidades de investimentos para a universalização dos serviços de abastecimento de água e de coleta e tratamento de esgotos sanitários no Brasil.** Relatório Final, 2003.

BRASÍLIA. Ministério de Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. Recursos Hídricos. **Conjunto de normas legais.** Brasília, 2004.

BRASÍLIA. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos. **Caderno setorial do Plano Nacional de Recursos Hídricos:** Saneamento e recursos hídricos. Relatório final. Brasília: MMA, 2006.

BRASÍLIA. Ministério do Meio Ambiente. Agência Nacional de Águas – ANA. **Panorama do enquadramento dos Corpos d'água**. Maio, 2005.

BRASÍLIA. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. Plano Nacional de Recursos Hídricos. PNRH. **Síntese executiva**. Brasília: MMA, 2006.

BRASÍLIA. Lei do Saneamento 11.445 – de 05/01/2007 – Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e dá outras providências. Poder Legislativo. **Diário Oficial da União** 08/01/2007. Brasília, 2007.

BROWN, L. C.; BARNWELL, T. O. Jr. **The enhanced stream water quality model QUAL2E and QUAL2E-UNCAS**: computer program documentation and user manual. Athens: United States Environmental Protection Agency, 1987. 189 p.

CETEC. **Desenvolvimento metodológico para modelo de gerenciamento ambiental de bacias hidrográficas**. Estudo de caso: Bacia do Rio Verde Grande. Belo Horizonte, 1996, v. 1.

CHAPRA, S. C. **Surface water quality modeling**. Colorado. USA: MacGraw-Hill, 1997. 843p.

COIMBRA, R.; ROCHA, C.L.; BEEKMAN, G.B. **Recursos hídricos**: conceitos, desafios e capacitação. Brasília: ANEEL, 1999.

COMEC/PPART. Projeção populacional realizado pelo Consórcio Sogreah-Cobrape, 2002.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ – SANEPAR. **Diagnóstico preliminar dos mananciais atuais e futuros do sistema integrado de abastecimento de água da Região Metropolitana de Curitiba**. Companhia de Saneamento do Paraná. Curitiba: Sanepar/USHI, 2005.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ – SANEPAR. **Planejamento estratégico**: 2006-2009. Assessoria de Planejamento Estratégico, 2006.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ – SANEPAR. **Sistema de informações Sanepar**. Unidade de Serviço de Esgoto. Unidade de Projetos Especiais. 2006.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ – SANEPAR. **Termo de referência para contratação de prestação de serviços socioambientais aplicados às obras de esgotamento sanitário**. Diretoria de Meio Ambiente e Ação Social, 2006.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO - SABESP. **Estudo de custo de empreendimentos**, 2006.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 20, de 18 de junho de 1986. Classificação das Águas Doces. **Diário Oficial da República Federal do Brasil**, Brasília, 30 de junho de 1986.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357/05. Classificação dos corpos d'água e diretrizes para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federal do Brasil**, Brasília, 18/03/05.

CONFERÊNCIA NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. **Texto base**. Ministério do Meio Ambiente, 2003.

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS – (CNRH). **Resolução nº 12**, de 19 de julho de 2000. Ministério de Meio Ambiente. Conselho Nacional de Recursos Hídricos.

CONSTITUIÇÃO DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL. Promulgada em 05/10/1988, Brasília.

FERNANDES, C.V.S. et al. A importância da matriz de fontes de poluição na implementação do enquadramento com metas progressivas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 16, **Anais**, João Pessoa, Nov. 2005.

FERNANDES, C. V. S. et al. **Análise da sustentabilidade econômica e ambiental de metas de despoluição hídrica**. Estudo de caso: Alto Iguaçu. Curitiba: UFPR – Departamento de Hidráulica e Saneamento, abril, 2003. (FINEP/ CT-Hidro). Projeto concluído.

HELLER, L. **Saneamento e Saúde**. Organização Pan-Americana da Saúde. Escritório Regional da Organização Mundial da Saúde. Representação do Brasil. Brasília, 1997.

HUMAN DEVELOPMENT REPORT. **Relatório do desenvolvimento humano RDH, 2006**. A água para lá da escassez: poder, pobreza e a crise mundial da água. Publicado para o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) divulgado em 09/11/2006.

IBGE. Censo Demográfico 2000.

KAVISKI, E. **Aproveitamentos hidrelétricos de pequeno porte**: Regionalização de vazões máximas em pequenas bacias hidrográficas do Estado do Paraná. Curitiba: CEHPAR, 1986. Projeto HG-52.

KAVISKI, E.; KRÜGER, C.M. **Regionalização de vazões em pequenas bacias hidrográficas do Estado do Paraná**: Relatório 02: Métodos de regionalização. Curitiba: CEHPAR, 1995. Projeto HG-77.

KAVISKI, E.; ROHN, M. C.; MAZER, W.; GROSCZEWICZ, R. C. **Consistência e regionalização de dados hidrológicos**: Método de regionalização. Curitiba: CEHPAR, 2002. Projeto HG-171.

KISHI, R. T. **Apostila de princípios da modelagem e controle da qualidade da água superficial**. Universidade Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. Curitiba, Pr. 2006.

KNAPIK. H. G. **Modelagem da qualidade da água na bacia do Alto Iguaçu: monitoramento e calibração**. Curitiba, 2006. 130 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Paraná.

MACHADO, P.A. L. **Direito ambiental brasileiro**. 9. ed. rev., atual. e ampl., 2. tir. São Paulo: Malheiros, 2001.

MALTHUS, T. Disponível em: <<http://enciclopedia.tiosam.com/enciclopedia/enciclopedia.asp>>. Acesso em 11/11/2006.

MARIN, M. C. F. C. **Análise de benefício econômico em despoluição hídrica como instrumento de suporte à tomada de decisões em gestão de recursos hídricos**. Curitiba, 2001. 240 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental). Universidade Federal do Paraná.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. Disponível em: <<http://www.cidades.gov.br.>> Acesso em 16/02/2007.

MONTEIRO, R. A. **Proposta de revisão da resolução CONAMA 20/86**. Palestra proferida na Companhia de Saneamento do Paraná-Sanepar. Gerente de Implementação dos Instrumentos da Política. Ministério do Meio Ambiente, 2003.

NETTO, A. Contribuições indevidas para a rede coletora de esgotos. In: Revista Ecologia: Proteger o que é de todos. **Revista DAE – SABESP**, 1979.

PEGORINI, E. S.; CARNEIRO C.; ANDREOLI, C. V. Mananciais de Abastecimento Público. In: ANDREOLI, C. V.; CARNEIRO, C.. **Gestão integrada de mananciais de abastecimento eutrofizados**. Curitiba: Capital, 2005.

PHILIPPI JR. A.; ROMÉRIO, M. A.; BRUNA, G. C. (ed.). **Curso de gestão ambiental**. Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Núcleo de Informações em Saúde Ambiental. Barueri, São Paulo: Manole, 2004.

PORTO, M. F. A. et al. **Bacias críticas**: bases técnicas para a definição de metas progressivas para seu enquadramento e a integração com os demais instrumentos de gestão. Curitiba: UFPR – Departamento de Hidráulica e Saneamento, 2006. (FINEP/ CT-Hidro). Projeto em andamento.

_____. **Bacias críticas**: bases técnicas para a definição de metas progressivas para seu enquadramento e a integração com os demais instrumentos de gestão. Curitiba: UFPR – Departamento de Hidráulica e Saneamento, 2007.

PORTO, M.F.A. Aspectos qualitativos do escoamento superficial em áreas urbanas. In: TUCCI, C. E. M.; PORTO, R.L.L. e BARROS M.T. **Drenagem urbana**. UFRGS. Porto Alegre: Ed. da Universidade, ABRH, 1995.

_____. **Sistemas de gestão da qualidade das águas**: uma proposta para o caso brasileiro. São Paulo, 2002. Tese de Livre Docência. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2002.

REZENDE, S. C.; HELLER, L. **O saneamento no Brasil**: políticas e interfaces. Belo Horizonte: UFMG; Escola de Engenharia da UFMG, 2002. 310 p.

SANT'ANA, R.F. **Aproveitamentos hidrelétricos de pequeno porte**: Sumário. Curitiba : CEHPAR, 1989. Projeto HG-52.

SETTI, A. A. Diagnóstico sobre a situação dos mananciais dos 20 municípios selecionados dos Estados do Acre, Pará, Ceará, Pernambuco, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Paraná, Rio Grande do Sul, Mato Grosso do Sul e Goiás e Proposta de Estruturação do Programa de Preservação e Conservação de Mananciais. **Relatório Técnico**: PNMA, Contrato n. 96/9596, 1998. 383 p.

SHANAHAN, P.; HENZE M.; KONCSOS L.; RAUCH W.; REICHERT P.; SOMLYÓDY L.; VANROLLEGHEM P. **River water quality modelling**: II. problems of the Art. water science and technology, v. 38, n. 11, p. 245-252, 1998.

SNIS. Sistema Nacional de Informação de Saneamento. Ministério das Cidades, Série Histórica 1995-2002.

SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL - SUDERHSA. **Plano de despoluição hídrica da Bacia do Alto Iguaçu**. Programa de Saneamento Ambiental da Região Metropolitana de Curitiba. Relatórios Finais. Curitiba, 2000.

SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL SUDERHSA. Projeto experimental para análise de outorgas. Curitiba, 2003.

UGP PARANÁSAN – SANEPAR. **Plano diretor de abastecimento de água**. Sistema Integrado de Abastecimento de Água de Curitiba. Revisão do Plano Diretor (Geotécnica) 1991. Março de 2000.

VILLELA, S.M. **Hidrologia aplicada por Swami M. Villela e Arthur Mattos**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 2005.

APÊNDICES

| | |
|--|-----|
| APÊNDICE 1 - CARACTERIZAÇÃO DE CARGAS DA BACIA DO ALTO IGUAÇU E A SITUAÇÃO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO..... | 199 |
| APÊNDICE 2 - MODELO DE QUALIDADE DE ÁGUA UTILIZADO NA PESQUISA..... | 221 |
| APÊNDICE 3 - RESULTADOS QUAL2E – PALMITAL E PIANDUVA - 2005 | 237 |

APÊNDICE 1 - CARACTERIZAÇÃO DE CARGAS DA BACIA DO ALTO IGUAÇU E
A SITUAÇÃO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO

principais regiões urbanizadas abrangidas pertencem a 14 municípios da RMC, cujas áreas estão localizadas, em todo ou em parte, na área da bacia do Alto Iguaçu, sendo: Curitiba, Almirante Tamandaré, Colombo, Campina Grande do Sul, Pinhais, Quatro Barras, Piraquara, São José dos Pinhais, Fazenda Rio Grande, Mandirituba, Contenda, Araucária, Campo Largo e Campo Magro.

Os rios formadores da bacia do Alto Iguaçu apresentam diferentes parâmetros de qualidade da água, porém os principais rios possuem elevada concentração de carga orgânica, o que demonstra alto grau de degradação ambiental.

O principal rio da RMC, o rio Iguaçu, nasce nas proximidades do limite dos municípios de Curitiba, Pinhais e São José dos Pinhais, e tem seção transversal com largura da ordem de 30 m e profundidade de 3 m, com uma capacidade média de escoamento de $60 \text{ m}^3/\text{s}$ e apresentando declividades baixas, variando de 0,2 a 0,3 m/km (SUDERHSA, 2000). Segundo este mesmo estudo, as bacias dos afluentes do rio Iguaçu mais urbanizadas são as dos rios Belém, Padilha, Atuba, Palmital e Passaúna, em ordem de ocupação.

A bacia do rio Belém está totalmente urbanizada, com maior densidade nos seus trechos superior e médio e com ocupação menos densa no trecho inferior. A segunda bacia mais urbanizada é a do rio Padilha, também totalmente ocupada no seu trecho superior, enquanto a terceira, rio Atuba, ocupada principalmente na sua parte central e com densificação, tanto para montante, como para jusante. Todos esses afluentes são da margem direita do rio Iguaçu, onde se encontra o Município de Curitiba. Conseqüentemente, os afluentes dessa margem são aqueles que produzem os maiores picos de vazão e apresentam os mais elevados índices de poluição.

O Canal Paralelo foi construído com a finalidade de controle de cheias na bacia do Alto Iguaçu, e segue junto ao leito do rio Iguaçu. Inicia-se no rio Iraí, desenvolve-se paralelamente à margem esquerda do rio Iguaçu, até as proximidades da foz do rio Miringuava, numa extensão de cerca de 20 km.

2 - ABASTECIMENTO DE ÁGUA

a) Situação atual

Os municípios que compõem a Região Metropolitana de Curitiba são quase na totalidade operados pela Companhia de Saneamento do Paraná – Sanepar, ou seja, dos 25 municípios que compõem a RMC, apenas Rio Branco do Sul não é operado pela concessionária.

A população abastecida da RMC totaliza aproximadamente 2.960.740 habitantes (SANEPAR, 2006) correspondendo a um índice de 97,43%, sendo que o município de Curitiba corresponde a 99,98% com elevado índice de atendimento e o município de Fazenda Rio Grande como um dos mais baixos, correspondendo a 66,83%, conforme a tabela a seguir.

TABELA – MUNICÍPIOS DA RMC ABASTECIDOS PELA SANEPAR

| Municípios | Nível de Atendimento | População | População Atendida |
|-----------------------|----------------------|-----------|--------------------|
| | Água % | Urbana | Água |
| Adrianópolis | 97,11 | 2.696 | 2.618 |
| Agudos do Sul | 98,63 | 3.857 | 3.804 |
| Almirante Tamandaré | 92,71 | 114.730 | 106.362 |
| Araucária | 96,85 | 106.676 | 103.313 |
| Balsa Nova | 92,33 | 11.900 | 10.987 |
| Bocaiúva do Sul | 93,09 | 3.908 | 3.638 |
| Campina Grande do Sul | 99,38 | 38.570 | 38.330 |
| Campo Largo | 98,00 | 91.446 | 89.616 |
| Campo Magro | 96,82 | 16.638 | 16.109 |
| Colombo | 95,11 | 231.279 | 219.978 |
| Cerro Azul | 96,67 | 4.353 | 4.208 |
| Contenda | 96,55 | 7.762 | 7.494 |
| Curitiba | 99,98 | 1.758.745 | 1.758.440 |
| Fazenda Rio Grande | 66,83 | 108.342 | 72.410 |
| Itaperuçu | 92,73 | 23.317 | 21.622 |
| Lapa | 99,82 | 29.676 | 29.623 |
| Mandirituba | 91,83 | 11.168 | 10.256 |
| Pinhais | 99,88 | 117.501 | 117.361 |
| Piraquara | 90,67 | 76.253 | 69.136 |
| Quatro Barras | 96,50 | 20.049 | 19.347 |
| Quitandinha | 95,53 | 4.920 | 4.700 |
| São José dos Pinhais | 99,25 | 245.253 | 243.412 |
| Tijucas do Sul | 80,37 | 7.713 | 6.199 |
| Tunas do Paraná | 88,76 | 2.002 | 1.777 |
| TOTAL RMC | 97,43 | 3.038.754 | 2.960.740 |

FONTE: SANEPAR (JUNHO DE 2006)

Os municípios que compõem a bacia do Alto Iguaçu e operados pela Sanepar estão relacionados na tabela a seguir, e representam 97,53% da população atendidos com água potável.

TABELA - MUNICÍPIOS DA BACIA DO ALTO IGUAÇU ABASTECIDOS PELA SANEPAR

| Municípios | Nível de Atendimento | População | População Atendida |
|----------------------|----------------------|-----------|--------------------|
| | Água % | Urbana | Água |
| Almirante Tamandaré | 92,71 | 114.730 | 106.362 |
| Araucária | 96,85 | 106.676 | 103.313 |
| Campina Grande | 99,38 | 38.570 | 38.330 |
| Campo Largo | 98,00 | 91.446 | 89.616 |
| Campo Magro | 96,82 | 16.638 | 16.109 |
| Colombo | 95,11 | 231.279 | 219.978 |
| Contenda | 96,55 | 7.762 | 7.494 |
| Curitiba | 99,98 | 1.758.745 | 1.758.440 |
| Fazenda Rio Grande | 66,83 | 108.342 | 72.410 |
| Mandirituba | 91,83 | 11.168 | 10.256 |
| Pinhais | 99,88 | 117.501 | 117.361 |
| Piraquara | 90,67 | 76.253 | 69.136 |
| Quatro Barras | 96,50 | 20.049 | 19.347 |
| São José dos Pinhais | 99,25 | 245.253 | 243.412 |
| TOTAL | 97,53 | 2.944.412 | 2.871.564 |

FONTE: SANEPAR (JUNHO/2006)

A bacia do Alto Iguaçu totaliza uma população de 2.871.564 habitantes que são abastecidos pela empresa estadual concessionária, sendo que todos os municípios apresentam um índice superior a 90% de atendimento, demonstrando que a prática do acesso à água potável é fortemente praticado no Estado.

b) Plano Diretor de Água para Curitiba e Região Metropolitana

O Plano Diretor desenvolvido pelo Consórcio Geotécnica para Curitiba e Região Metropolitana em 1991 está sendo revisado atualmente pela Companhia de Saneamento do Paraná - Sanepar, tendo em vista as necessárias atualizações das populações projetadas até o ano de 2020. Na época, utilizou-se basicamente de dados estatísticos existentes na Sanepar e na Companhia Paranaense de Energia – Copel. Em 2000, novos estudos foram realizados pelo Programa ParanaSan, através do Consórcio Engevix, e a projeção populacional obtida neste estudo foi

cerca de 18% menor para a soma das populações dos municípios de Curitiba, São José dos Pinhais e Araucária para o ano de 2020.

Em 2005, novos estudos foram realizados pela Companhia de Saneamento do Paraná – Sanepar (2005) tendo como objetivo principal de iniciar o Plano Diretor de Aproveitamento dos Mananciais da RMC e sugerir medidas de garantia de abastecimento com projeção até 2050.

Este diagnóstico culminou com elaboração e publicação do Decreto nº 6390/06, de 05/04/2006, que declara as áreas de interesse de Mananciais de Abastecimento Público da Região Metropolitana de Curitiba e dá outras providências. Este decreto tem a finalidade de proporcionar os instrumentos legais para evitar a ocupação desordenada das bacias dos mananciais atuais e futuros, preservando-os para o atendimento das futuras gerações.

Segundo este mesmo diagnóstico, foi comparada projeções das populações para Curitiba e Região Metropolitana dos diversos estudos realizados e demonstrados no quadro abaixo.

QUADRO - PROJEÇÕES DE POPULAÇÕES PARA RMC

| Ano | IPARDES | Geotécnica 92 | Andreoli – 99 | | Ppart ¹ - 2002 | | Alvarenga 2005 |
|------|-----------|------------------|---------------|-----------|---------------------------|-----------|-------------------|
| | | | Max | Min | Méd | Max | |
| 2005 | 3.243.036 | 3.718.452 | 3.206.000 | 3.160.000 | 3.171.722 | 3.218.500 | 3.208.867 |
| 2010 | 3.694.711 | 4.730.294 | 3.808.000 | 3.699.000 | 3.545.678 | 3.664.868 | 3.678.025 |
| 2015 | | 5.015.044 | 4.457.000 | 3.802.000 | 3.885.513 | 4.114.491 | 4.181.184 |
| 2020 | | 5.790.233 | 5.217.000 | 4.875.000 | 4.196.146 | 4.590.674 | 4.718.346 |
| 2025 | | | 5.989.000 | 5.382.000 | 4.498.217 | | 5.289.510 |
| 2030 | | | 6.876.000 | 5.942.000 | 4.822.033 | | 5.894.675 |
| 2035 | | | 7.592.000 | 6.049.000 | 5.169.159 | | 6.533.843 |
| 2040 | | | 8.547.000 | 7.102.000 | 5.541.275 | | 7.207.012 |
| 2045 | | | 9.344.000 | 7.726.000 | 5.940.178 | | 7.914.184 |
| 2050 | | | 10.216.000 | 8.406.000 | 6.367.797 | | 8.655.357 |

FONTE: SANEPAR/USHI (2005)

NOTA: ¹ População total

Segundo os estudos realizados pela Sanepar/USHI, a Projeção do IPARDES compreende o período de 1985 a 2010, e não inclui os dados dos dois últimos censos, estimando acréscimos de 9,9 e 8,3% respectivamente, em relação aos dados censitários.

O Plano Diretor de Abastecimento de Água (GEOTÉCNICA, 1991) abrange o período de 1995 a 2020. Não incluiu os dois últimos censos e suas projeções para

1990 e 2000 excederam os dados censitários em 5,3 e 15,0%, respectivamente. Para ANDREOLI (1999), o período de projeção compreendeu de 2000 a 2050 e baseou-se na projeção IPARDES até 2010 e depois assumiu taxas de crescimento quinquenais declinantes ao longo do tempo (3,5 a 1,7%), com valores máximo e mínimo para cada ano. Não inclui os dados do censo-2000 no estudo das projeções. Na projeção COMEC/PPART (2002), foram realizadas três previsões (alta, média e baixa) e até 2050 foi adotado uma taxa constante de 1,4% ao ano para a projeção média da população urbana da RMC.

Na década de 80 houve uma queda nas taxas de crescimento (de 5,79 para 3,31%) e na década de 90 este índice manteve-se na faixa de 3,33%.

Neste contexto, ajustou um modelo aos dados censitários, obtendo uma curva ajustada para os últimos 60 anos com boa precisão, compreendendo taxa de crescimento variando de 3,00 a 1,81% (ALVARENGA⁷ apud SANEPAR, 2005).

Assumindo esses valores para a taxa de crescimento populacional da RMC, foi possível realizar algumas previsões de disponibilidade hídrica versus estimativas de demanda, conforme demonstra o quadro a seguir.

O valor do consumo por habitante para RMC atualmente gira em torno de 240 L/dia (incluindo perdas e todo tipo de consumo) e para a simulação foi considerado uma evolução para 300 L/dia até 2050.

QUADRO - ESTIMATIVA DE DEMANDA DE ÁGUA PARA RMC

| Ano | População | Índice de Atendimento (%) | Taxa de Urbanização (%) | População Atendida | Consumo per capita (L/dia) | Demanda (m ³ /s) |
|------|-----------|---------------------------|-------------------------|--------------------|----------------------------|-----------------------------|
| 2005 | 3.208.867 | 95 | 92 | 2.804.549 | 240 | 8,9 |
| 2010 | 3.678.025 | 95 | 92 | 3.214.594 | 240 | 10,3 |
| 2015 | 4.181.184 | 96 | 93 | 3.732.961 | 250 | 12,4 |
| 2020 | 4.718.346 | 96 | 93 | 4.212.539 | 250 | 14,0 |
| 2025 | 5.289.510 | 97 | 94 | 4.822.975 | 260 | 16,7 |
| 2030 | 5.894.675 | 97 | 94 | 5.374.765 | 260 | 18,6 |
| 2035 | 6.533.843 | 98 | 95 | 6.083.008 | 270 | 21,9 |
| 2040 | 7.207.012 | 98 | 96 | 6.780.357 | 280 | 25,3 |
| 2045 | 7.914.184 | 99 | 97 | 7.599.991 | 290 | 29,3 |
| 2050 | 8.655.357 | 99 | 98 | 8.397.427 | 300 | 33,5 |

FONTE: SANEPAR/USHI (2005)

⁷ ALVARENGA, E. C. et al. **Qualidade das águas interiores do Estado do Paraná: 1996/2001**. Curitiba: SUDERHSA, 2002.

Observando o quadro acima, o ano de 2025 terá uma demanda de 16,7 m³/s para uma população estimada em 5.289.510 habitantes. Se considerarmos que atualmente existe uma demanda de aproximadamente 7,05 m³/s, há necessidade de uma disponibilidade de 9,65 m³/s para os próximos 19 anos. É importante ressaltar que a pesquisa se aterá em verificar a necessidade de disponibilidade de água em quantidade suficiente e qualidade desejável no ano horizonte de 2025.

O quadro a seguir apresenta as capacidades nominais e demandas médias atuais do sistema integrado que abastece os municípios de Curitiba, Campo Largo, Campo Magro, Almirante Tamandaré, Colombo, Quatro Barras, Campina Grande do Sul, Pinhais, Piraquara, São José dos Pinhais e Araucária.

QUADRO - VAZÃO NOMINAL E DEMANDA ATUAL DAS ETAS OPERADAS PELA SANEPAR

| Estação de Tratamento de Água | Capacidade Nominal (L/s) | Demanda Atual (L/s) |
|--|-------------------------------------|--------------------------------|
| Eta Iguaçu | 3.300 | 2.812 |
| Eta Irai ¹ | 3.600 | 2.391 |
| Eta Passaúna | 2.000 | 1.458 |
| Eta Rio Pequeno | 200 | 174 |
| Aqüífero Karst | | 157 |
| Eta Araucária (captação no rio Iguaçu para indústrias ²) | 300 | 57 |
| Total | 9.100 | 7.049 |

FONTE: DIAGNÓSTICO SANEPAR/USHI (2005)

NOTA: ¹ ETA Tarumã foi desativada em 2004 e sua vazão transferida para a ETA Irai

² Indústrias: CSN e Termoelétrica

Percebe-se pelos dados apresentados que ainda existe uma capacidade de tratamento que gira em torno de 2.051 L/s e que poderão ser disponibilizados caso haja reservação suficiente.

c) Disponibilidade Hídrica dos Mananciais Futuros para Curitiba e Região Metropolitana

Os estudos realizados pela SANEPAR (2005) apontam a necessidade de elaboração de um plano diretor de abastecimento de água para RM de Curitiba, tendo em vista que o último foi elaborado em 1992 e revisado em 2000. Este plano

encontra-se desatualizado e seu horizonte de planejamento vai até 2020, o que demonstra a necessidade urgente de elaboração de um planejamento a longo prazo ou no mínimo até 2050, tendo em vista a complexidade da gestão dos recursos hídricos na RMC e da disponibilidade em termos de quantidade e qualidade.

Estudos realizados pela Companhia de Saneamento do Paraná visando a revisão do Plano Diretor de Abastecimento Público (SANEPAR/USHI, 2005) para os municípios da Região Metropolitana de Curitiba, apontam os principais cenários de disponibilidade hídrica futura:

a) Bacia do Altíssimo Iguaçu

A Barragem Piraquara II está em fase de construção com capacidade de regularização de 1.140 L/s, mas como a construção do reservatório significa a perda de uma área incremental já computada, acrescentaria somente cerca de 600 L/s ao sistema.

O reservatório do rio Pequeno terá uma capacidade de regularização de 1.540 L/s, sendo que a bacia incremental poderá fornecer vazão entre 780 a 347 L/s. Está em fase inicial de licenciamento ambiental.

b) Bacia do Alto Iguaçu

O reservatório do Miringuava terá uma vazão regularizada de 2000 L/s. A Estação de Tratamento de Água está em fase de construção e poderá tratar 50% da vazão de regularização. É necessária a construção de barragem para garantir a vazão de 2.000L/s.

O reservatório do rio Cerro Azul está projetada para fornecer cerca de 388 L/s.

O reservatório do rio Despique terá uma vazão de contribuição de 650 L/s.

A barragem do Alto Maurício, sem bacia incremental, poderá contribuir com 590 L/s e receber, por transposição, águas do Alto Várzea.

A barragem do Faxinal terá uma vazão regularizada de 1020 L/s, podendo receber águas do Baixo Várzea e do rio do Poço.

Para o Barigüi já existe uma outorga de 173 L/s para um aproveitamento a fio-d'água.

A bacia do rio Verde possui outorga 250 L/s para a Petrobrás.

c) Bacia do Várzea

A bacia do Várzea compreende Alto e Baixo Várzea, sendo que a primeira barragem (Alto Várzea) poderá fornecer 3.600 L/s . Mas está a 35 Km de distância do ponto de consumo e a uma altura manométrica de 120 m. A segunda barragem (Baixo Várzea) está a uma distância de 53 km da área de consumo e possui altura manométrica ao redor de 310m e poderá fornecer 5.180 L/s.

A barragem do rio do Poço terá uma vazão estimada de 1700 L/s .

d) Bacia do Ribeira

A bacia do Açungui compreende o Médio e Baixo Açungui. O Médio Açungui está a uma distância de 50 Km e altura manométrica de 582 m. Poderá fornecer até 14.630 L/s de seu reservatório de acumulação. O Baixo Açungui está distante aproximadamente 75, altura manométrica de 800 m e poderá fornecer vazão regularizada de 5.800 L/s.

A bacia do Capivari possui desnível geográfico de 700 m e poderá fornecer vazão regularizada de 17 m³/s, onde a Copel possui represa para aproveitamento hidrelétrico. A opção estudada seria a bacia de montante, na foz do rio Palmeirinha, com distância de 12 km até seu lançamento no rio Timbu, afluente da represa do Iraí. Possui um desnível geométrico de aproximadamente 70 m para transpor a água na bacia do Iraí. Com a transposição poderá se obter uma vazão de 1.7 a 2.0 m³/s como bacia incremental.

O rio Santana poderá fornecer até 4000 L/s, com desnível ao redor de 410m. A bacia do rio Ribeira é a maior da região e poderá fornecer em torno de 40m³/s a partir de uma barragem de acumulação próximo a Adrianópolis. Possui um desnível geométrico em torno de 1000 m, inviabilizando sua utilização.

e) Aqüífero Karst

O sistema do aqüífero Karst é constituído por um conjunto poços profundos, cujo domínio se desenvolve ao norte da bacia do Alto Iguaçu, no sentido noroeste-nordeste, e vem sendo utilizado para o abastecimento de sistemas isolados como Almirante Tamandaré, Bocaiúva do Sul, Campo Largo, Campo Magro e Itaperuçu, totalizando uma produção de 395 L/s. O sistema tem capacidade nominal de

produção de 600 L/s, mas a contribuição para o sistema integrado é de 120 L/s advindos dos poços de Colombo Sede e Fervida.

Além desses mencionados no trabalho, outros cenários foram estudados para disponibilidade futura segundo estudos do Diagnóstico Sanepar/USHI e não serão citados na presente pesquisa.

Para o desenvolvimento dos estudos, foram utilizadas as vazões específicas com base no Atlas da SUDERHSA, vazão $Q_{7,10}$ e vazão específica de 10 L/s.Km².

As vazões outorgadas pelo órgão gestor de recursos hídricos para o sistema integrado de abastecimento de água para RMC, considerando a disponibilidade hídrica atual são: 3,0 m³/s – rio Iraí; 3,0 m³/s – rio Iguaçu; 2,0 m³/s – rio Passaúna e 0,2 m³/s – rio Pequeno.

Em função da estiagem ocorrida em Curitiba e Região Metropolitana no período de abril a novembro de 2006, foi outorgada à Sanepar em caráter emergencial para o período de julho a setembro de 2006, a vazão de 0,5 m³/s das águas contidas nas cavas do rio Iguaçu, localizadas nos municípios de Pinhais e São José dos Pinhais. Está se verificando junto à SUDERHSA a possibilidade de uma vazão definitiva que possa contribuir na disponibilidade hídrica para a Região Metropolitana de Curitiba.

Analisando o cenário sem a contribuição das águas provenientes das cavas do Iguaçu, é possível constatar um aumento da disponibilidade em torno de 2600 L/s oriundos da construção do Piraquara II e complexo do rio Miringuava (ETA e Represa) que deverão estar concluídos em 2008. Sendo assim, haverá um acréscimo de 57 milhões de metros cúbicos de água agregado a uma capacidade já instalada de 129 milhões de metros cúbicos de água.

Considerando a vazão outorgada de 8,2 m³/s e o aumento da disponibilidade de 2,6 m³/s, totalizariam uma vazão de 10,8 m³/s para atendimento a uma população em torno de 3,7 milhões, para os anos de 2011 ou 2012, conforme estimativa de demanda de água para RMC apontado anteriormente. Entretanto, não há previsão de construção de novas barragens para um período de médio prazo.

Percebe-se uma necessidade urgente de estudos para a definição de novos projetos de abastecimento de água, tendo em vista os cenários já levantados pelo Plano Diretor de Água de 1992 e revisado pelo ParanaSan em 2000.

3 – ESGOTAMENTO SANITÁRIO

a) Situação Atual

A região Metropolitana de Curitiba possui um índice de coleta de esgoto em torno de 57,58% (SANEPAR, 2006), representando uma população de 1.749.713 habitantes, sendo que o percentual de tratamento é de 87,24, representando uma população de 1.526.450 habitantes, conforme demonstrado no quadro a seguir.

Dos 24 municípios que compõem a Região Metropolitana operados pela Sanepar, 9 não possuem sistema de coleta pública de esgoto, sendo que 6 municípios possuem índice de coleta abaixo de 20%.

QUADRO - MUNICÍPIOS DA RMC ATENDIDOS COM COLETA E TRATAMENTO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS OPERADOS PELA SANEPAR

| MUNICÍPIOS | % ESGOTO COLETADO | % TRATADO | POPULAÇÃO URBANA | POPULAÇÃO COLETADA | POPULAÇÃO COLETADA E TRATADA |
|----------------------|-------------------|--------------|------------------|--------------------|------------------------------|
| Adrianópolis | 0,00 | 0,00 | 2.696 | 0 | 0 |
| Agudos do Sul | 0,00 | 0,00 | 3.857 | 0 | 0 |
| Almirante Tamandaré | 4,61 | 100,00 | 114.730 | 5.290 | 5.290 |
| Araucária | 30,23 | 90,60 | 106.676 | 32.249 | 29.218 |
| Balsa Nova | 17,80 | 100,00 | 11.900 | 2.118 | 2.118 |
| Bocaiúva do Sul | 0,00 | 0,00 | 3.908 | 0 | 0 |
| Campina Grande | 64,03 | 100,00 | 38.570 | 24.696 | 24.696 |
| Campo Largo | 26,58 | 100,00 | 91.446 | 24.307 | 24.307 |
| Campo Magro | 0,00 | 0,00 | 16.638 | 0 | 0 |
| Cerro Azul | 2,30 | 100,00 | 4.353 | 100 | 100 |
| Colombo | 16,54 | 95,00 | 231.279 | 38.263 | 36.350 |
| Contenda | 0,00 | 0,00 | 7.762 | 0 | 0 |
| Fazenda Rio Grande | 1,13 | 100,00 | 108.342 | 1.226 | 1.226 |
| Itaperuçu | 0,00 | 0,00 | 23.317 | 0 | 0 |
| Lapa | 69,84 | 100,00 | 29.676 | 20.727 | 20.727 |
| Mandirituba | 3,73 | 100,00 | 11.168 | 417 | 417 |
| Pinhais | 38,37 | 74,83 | 117.501 | 45.085 | 33.737 |
| Piraquara | 44,67 | 100,00 | 76.253 | 34.066 | 34.066 |
| Quatro Barras | 56,68 | 100,00 | 20.049 | 11.363 | 11.363 |
| Quitandinha | 0,00 | 0,00 | 4.920 | 0 | 0 |
| São José dos Pinhais | 40,51 | 69,91 | 245.253 | 99.344 | 69.451 |
| Tijucas do Sul | 0,00 | 0,00 | 7.713 | 0 | 0 |
| Tunas do Paraná | 0,00 | 0,00 | 2.002 | 0 | 0 |
| Curitiba | 80,20 | 87,39 | 1.758.745 | 1.410.462 | 1.232.603 |
| TOTAL RMC | 57,58 | 87,24 | 3.038.754 | 1.749.713 | 1.526.450 |

FONTE: SANEPAR (REFERÊNCIA JUNHO/2006)

O município de Curitiba é o que possui o maior índice de coleta que é de 80,20%, sendo que destes 87,39% possui tratamento. Os 14 municípios que compõem a bacia do Alto Iguaçu e operados pela Sanepar estão relacionados na tabela a seguir, demonstrando que 58,65% da população possui rede coletora de esgoto, sendo que destes 87,03% possuem tratamento.

TABELA -MUNICÍPIOS DA BACIA DO ALTO IGUAÇU ATENDIDOS COM COLETA E TRATAMENTO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS OPERADOS PELA SANEPAR

| MUNICÍPIO | % ATENDIMENTO COM ESGOTO | % TRATAMENTO DE ESGOTO | POPULAÇÃO URBANA | POP COLETADA | POP COLETADA E TRATADA |
|----------------------|--------------------------|------------------------|------------------|--------------|------------------------|
| ALMIRANTE TAMANDARÉ | 4,61 | 100,00 | 114.730 | 5.290 | 5.290 |
| ARAUCARIA | 30,23 | 90,60 | 106.676 | 32.249 | 29.218 |
| CAMPINA GRANDE | 64,03 | 100,00 | 38.570 | 24.696 | 24.696 |
| CAMPO LARGO | 26,58 | 100,00 | 91.446 | 24.307 | 24.307 |
| CAMPO MAGRO | 0,00 | 0,00 | 16.638 | 0 | 0 |
| COLOMBO | 16,54 | 95,00 | 231.279 | 38.263 | 36.350 |
| CONTENDA | 0,00 | 0,00 | 7.762 | 0 | 0 |
| CURITIBA | 80,20 | 87,39 | 1.758.745 | 1.410.462 | 1.232.603 |
| FAZENDA RIO GRANDE | 1,13 | 100,00 | 108.342 | 1.226 | 1.226 |
| MANDIRITUBA | 3,73 | 100,00 | 11.168 | 417 | 417 |
| PINHAIS | 38,37 | 74,83 | 117.501 | 45.085 | 33.737 |
| PIRAQUARA | 44,67 | 100,00 | 76.253 | 34.066 | 34.066 |
| QUATRO BARRAS | 56,68 | 100,00 | 20.049 | 11.363 | 11.363 |
| SAO JOSE DOS PINHAIS | 40,51 | 69,91 | 245.253 | 99.344 | 69.451 |
| TOTAL ALTO IGUAÇU | 58,65 | 87,03 | 2.944.412 | 1.726.768 | 1.502.724 |

FONTE: SANEPAR (REFERÊNCIA JUNHO/2006)

Na bacia do Alto Iguaçu, os municípios de Campo Magro e Contenda não contêm coleta pública de esgoto e este sistema ainda é bastante deficitário nos seguintes municípios: Almirante Tamandaré, Colombo, Fazenda Rio Grande e Mandirituba, possuidores de índice de coleta de esgoto na rede pública abaixo de 20%.

Entretanto, pode-se observar que mais de 1,5 milhões de pessoas possuem seus esgotos coletados e tratados nas Estações de Tratamento de Esgotos domésticos operados pela SANEPAR na grande região metropolitana. Destacam-se os municípios de Campina Grande, Curitiba, Piraquara e Quatro Barras, que possuem atendimento superior a 40% de coleta de esgotos, sendo que os índices de tratamento para estes municípios variam na faixa de 69% a 100% de tratamento.

As Estações de Tratamento de Esgotos existentes e em operação estão demonstradas na tabela a seguir e são em número de 31 localizadas nos municípios da bacia do Alto Iguaçu.

**TABELA - RELAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTOS EM
OPERAÇÃO NA BACIA DO ALTO IGUAÇU**

| NOME DA ETE | MUNICÍPIO | OBSERVAÇÃO | TIPO DE TRATAMENTO | POPULAÇÃO DE PROJETO | POPULAÇÃO ATENDIDA |
|-----------------------|-----------------------|--|----------------------------------|----------------------|--------------------|
| AFONSO PENA | SÃO JOSÉ DOS PINHAIS | | RALF | 1.120 | 832 |
| ATUBA SUL | CURITIBA | | RALF | 568.194 | 264.138 |
| AUDI | SÃO JOSÉ DOS PINHAIS | PERTENCE À VOLKSWAGEN-AUDI | LODOS ATIVADOS | 2.000 | 2.334 |
| BÉLEM | CURITIBA | | LODOS ATIVADOS | 500.000 | 615.456 |
| BRACATINGA | CURITIBA | | RALF | 850 | 399 |
| CAMBUÍ | CAMPO LARGO | | RALF + FLOTAÇÃO | | 23.200 |
| COLOMBO SEDE | COLOMBO | | RALF + FILTRO BIOLÓGICO | 12.011 | 4.259 |
| COSTEIRA I | ARAUCÁRIA | | RALF | 375 | 474 |
| COSTEIRA II | ARAUCÁRIA | | RALF | 605 | 789 |
| ENGENHO | CAMPINA GRANDE DO SUL | | RALF + FILTRO BIOLÓGICO | | 2.542 |
| GRALHA AZUL | SÃO JOSÉ DOS PINHAIS | | RALF | 720 | 1.997 |
| IGUAÇU (ETAPAS 1 E 2) | ARAUCÁRIA | POSSUI APENAS A ETAPA 1 | RALF | 15.519 | 9.074 |
| IGUAÇU I | SÃO JOSÉ DOS PINHAIS | | RALF | 14.095 | 5.652 |
| ITAQUI | CAMPO LARGO | | RALF | | 3.466 |
| MENINO DEUS | QUATRO BARRAS | | RALF + LAGOA | 23.616 | 33.055 |
| MONTE VERDE | CURITIBA | | RALF | 3.000 | 450 |
| MORADIAS SIDOM | FAZENDA RIO GRANDE | | RALF | | 1.320 |
| PADILHA SUL | CURITIBA | EXISTEM DUAS ETES PADILHAS: PADILHA NORTE (DESATIVADA) E PADILHA SUL (EM OPERAÇÃO) | RALF | 318.194 | 112.232 |
| SANTA CÂNDIDA | CURITIBA | | RALF | 950 | 228 |
| SÃO JORGE | ALMIRANTE TAMANDARÉ | | RALF + FLOTAÇÃO + DESINFECÇÃO UV | | 5.200 |
| SÃO ROQUE I | PIRAQUARA - SEDE | | RALF + LAGOA | | 365 |
| VILA MACEDO | PIRAQUARA - SEDE | | RALF + LAGOA | | 1.726 |

continua

| | | | conclusão | |
|-----------------------|--|----------------------------------|-----------|---------|
| CACHOEIRA | ARAUCÁRIA | RALF | 37.295 | 19.332 |
| CIC XISTO | CURITIBA | RALF + LAGOA + DESINFECÇÃO UV | 332.994 | 134.861 |
| GUARAITUBA | COLOMBO | RALF | 40.000 | 32.001 |
| MARTINÓPOLIS | SÃO JOSÉ DOS PINHAIS/BORDA DO CAMPO | LAGOAS EM SÉRIES | 13.380 | 6.297 |
| MORADIAS BARCELONA | MANDIRITUBA | RALF | | 417 |
| PIRAQUARA SEDE | PIRAQUARA - SEDE | RALF + LAGOA | | 17.300 |
| SANTA MÔNICA | PIRAQUARA - SEDE | RALF + LAGOA | | 6.569 |
| SANTA QUITÉRIA | CURITIBA | RALF | 214.118 | 148.566 |
| SÃO ROQUE II | PIRAQUARA - SEDE | RALF + LAGOA | | 365 |

FONTE: SANEPAR (JUNHO/2006)

Observa-se que o tratamento de esgoto que prevalece em maior número é do tipo RALF – Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente, sendo que a ETE São Jorge e CIC-Xisto possuem desinfecção através do processo ultravioleta. Ressalta-se também que a ETE Belém atende uma população maior através do processo de lodos ativados, que apresenta a melhor eficiência de tratamento em termos de remoção da carga orgânica.

A tabela a seguir apresenta a relação das ETEs em função das cargas orgânicas lançadas no corpo receptor, organizada em ordem decrescente em relação à carga remanescente, bem como as capacidades nominais e as eficiências do processo de tratamento.

TABELA - RELAÇÃO DAS ETES NA BACIA DO ALTO IGUAÇU E CARGAS ORGÂNICAS

| NOME DA ETE | VAZÃO DE PROJETO - L/s | DBO DE PROJETO - Kg/dia | EFICIÊNCIA (% REMOÇÃO DBO) | CARGA REMANESCENTE Kg/dia | CORPO RECEPTOR |
|-----------------------|---------------------------|----------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|-----------------------|
| AFONSO PENA | 1,70 | 60,50 | 26,40 | 33,00 | RIO PEQUENO |
| ATUBA SUL | 1.450,00 | 30.682,50 | 68,00 | 4.565,00 | RIO ATUBA |
| AUDI | 34,70 | 108,00 | | 126,00 | RIO MIRINGUAVA-MIRIM |
| BÉLEM | 840,00 | 27.000,00 | 97,60 | 787,60 | RIO IGUAÇÚ |
| BRACATINGA | | 45,90 | 65,90 | 7,30 | RIO BARIGUI |
| CACHOEIRA | 163,50 | 2.013,90 | 84,40 | 162,00 | RIO CACHOEIRA |
| CAMBUÍ | 60,00 | 0,00 | 92,70 | 91,80 | RIO CAMBUÍ |
| CIC XISTO | | 17.981,70 | 84,80 | 1.108,40 | RIO BARIGUI |
| COLOMBO SEDE | | 649,00 | 90,10 | 22,80 | CÓRR. AFL. ATUBA |
| COSTEIRA I | 2,50 | 20,30 | 83,20 | 4,30 | RIO IGUAÇÚ |
| COSTEIRA II | 2,50 | 32,70 | 59,60 | 17,20 | RIO IGUAÇÚ |
| ENGENHO | | 0,00 | 84,90 | 20,60 | RIO ENGENHO |
| GRALHA AZUL | 0,60 | 38,90 | 51,10 | 52,70 | RIO IGUAÇÚ |
| GUARAITUBA | 162,00 | 2.160,00 | 45,20 | 947,30 | RIO PALMITAL |
| IGUAÇU (ETAPAS 1 E 2) | | 838,00 | 79,80 | 98,90 | RIO IGUAÇÚ |
| IGUAÇU I | 138,90 | 761,10 | 80,10 | 60,80 | RIO IGUAÇÚ |
| ITAQUI | | 0,00 | 79,70 | 37,90 | RIO ITAQUI |
| MARTINÓPOLIS | 18,80 | 722,50 | 69,80 | 102,70 | RIO ITAQUI |
| MENINO DEUS | 77,50 | 1.275,30 | 64,00 | 642,90 | AFL. DO RIO FLORESTAL |
| MONTE VERDE | | 162,00 | 53,00 | 11,40 | RIO BARIGUI |
| MORADIAS BARCELONA | | 0,00 | 40,70 | 13,40 | RIO DOS PATOS |
| PADILHA SUL | 440,00 | 17.182,50 | 80,10 | 1.207,90 | RIO PADILHA |
| PIRAQUARA SEDE | 30,00 | 0,00 | 10,10 | 840,00 | RIO IRAIZINHO |
| RALF MORADIAS SIDOM | | 0,00 | 89,20 | 7,70 | RIO DA DIVISA |
| SANTA CÂNDIDA | 1,20 | 51,30 | 72,90 | 3,30 | RIO ATUBA |
| SANTA MÔNICA | 15,00 | 0,00 | 51,70 | 171,50 | RIO IRAIZINHO |
| SANTA QUITÉRIA | 600,00 | 11.562,40 | 63,10 | 2.957,90 | RIO BARIGUI |
| SÃO JORGE | | 0,00 | 51,30 | 136,80 | RIO BARIGUI |
| SÃO ROQUE I | 2,50 | 0,00 | 91,10 | 1,80 | RIO IRAIZINHO |
| SÃO ROQUE II | 2,50 | 0,00 | 82,00 | 3,50 | RIO IRAIZINHO |
| VILA MACEDO | 5,00 | 0,00 | 65,90 | 31,80 | RIO IRAIZINHO |

FONTE: SANEPAR (JUNHO/2006)

A Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) que possui a maior eficiência em termos de remoção de DBO é a ETE Belém, cujo percentual gira em torno de 97%. Esta estação possui tratamento terciário sem a desinfecção do efluente. A ETE Atuba é a que contrubui com maior carga remanescente, 4.565,73 kg DBO/dia. Outras estações como a ETE CIC-Xisto, Santa Quitéria e Padilha Sul também possuem elevada carga remanescente, sendo que a eficiência do tratamento está acima de 84%, 63% e 80%, respectivamente.

As bacias que recebem a maior contribuição dessa carga remanescente são: Bacia do Barigui, Atuba e Padilha, motivo da revisão do Plano Diretor de Esgotamento Sanitário da RMC.

b) Plano Diretor de Esgotamento Sanitário para Curitiba e Região Metropolitana

O Plano Diretor de Esgotamento Sanitário da Região Metropolitana de Curitiba foi elaborado em 1991 e revisado em 2000 pela UGP Paranasan - Sanepar, (2000).

A revisão do Plano contemplou as bacias do Palmital e Atuba, e bacia do Barigui englobando parcial ou integralmente os municípios de Curitiba, Pinhais, Almirante Tamandaré e Colombo.

Na revisão desses estudos foram utilizados os relatórios já existentes, o Plano Diretor de Água revisado, inspeções de campo e análises quanto a situação dos sistemas de esgotamento sanitários existentes.

Bacia do Palmital e Atuba

Como resultado desta revisão de concepção para as bacias Palmital e Atuba, obteve-se como melhor alternativa o direcionamento de todas as contribuições sanitárias das duas bacias para serem tratadas na ETE Atuba Sul (existente e ampliação).

As principais características definidas pelo Plano Diretor do Sistema de Esgotos Sanitários da RMC de 1991 são as seguintes:

- A bacia Palmital foi dividida em 3 sub-bacias (Palmital, Tumuri e Cachoeira) e 59 micro-bacias de esgotamento, englobando os municípios de Pinhais e Colombo.
- A bacia Atuba foi dividida em 9 sub-bacias (Atuba, Margem Esquerda, Cachoeira, Arruda, Monjolo, Bacacheri, Barreirinha, Margem Direita Bacacheri e Atuba Sul) e 104 micro-bacias de esgotamento sanitário, englobando os municípios de Almirante Tamandaré, Curitiba, Pinhais e Colombo.

Bacia do Barigui

O resultado da revisão do Plano para a bacia do Barigui apontou para as seguintes alternativas:

- Sistema Tranqueira: como estava prevista no Plano Diretor de 1991, ou seja, continua independente e ligado à ETE Tranqueira.
- Sistema Tamandaré até Santa Quitéria: Todas as contribuições sanitárias geradas desde Almirante Tamandaré, passando por São Jorge, Taboão, Pilarzinho até Santa Quitéria, serão tratadas na ETE Santa Quitéria existente (tratamento intermediário através de 6 módulos de RALF de 70 L/s cada). A referida ETE existente deverá receber tratamento secundário e desinfecção na 1ª Etapa e ampliação de mais 4 módulos de RALF e tratamento secundário e desinfecção, na segunda etapa.
- Sistema Fazendinha até Xisto: Todas as contribuições sanitárias geradas desde a Fazendinha, Capão Raso, CIC até Xisto, serão tratadas na ETE CIC/Xisto a ser implantada de imediato (tratamento intermediário com RALF e tratamento secundário e desinfecção).
- Sistemas Isolados: Como previsto no Plano Diretor, serão atendidos isoladamente, através dos sistemas Petrolar, Sanra e Araucária.

Embora com o novo Plano Diretor de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário sendo atualizados, a concessionária pública estabeleceu alguns indicadores visando atender ao princípio da universalização dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, através de metas progressivas para a elevação de seus índices (SANEPAR, 2006), conforme quadro a seguir:

**QUADRO - METAS PARA ATENDIMENTO COM ÁGUA E ESGOTAMENTO
SANITÁRIO NOS MUNICÍPIOS OPERADOS PELA SANEPAR**

| Situação | Cronograma | | | | |
|---|-------------|------|------|------|------|
| | Agosto 2006 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
| Percentual de atendimento com abastecimento de Água | 98,7% | 99% | 99% | 99% | 99% |
| Percentual de atendimento com coleta e tratamento de esgoto | 47,9% | 50% | 54% | 57% | 62% |

FONTE: SANEPAR (2006)

Para viabilizar o atendimento às metas estabelecidas, a empresa apresenta as seguintes diretrizes gerais para a elevação do Índice de Atendimento com Rede Coletora de Esgotos - IARCE - das populações urbanas das sedes dos municípios:

QUADRO - DIRETRIZES GERAIS PARA ATENDIMENTO ÀS METAS

| Habitantes | Percentual | Ano |
|------------------------|------------|---|
| Menor ou igual a 5.000 | | Deverá ser incentivada a adoção de solução individual para o destino final do esgoto doméstico. |
| 5.000 a 50.000 | 65% | Até 2012 |
| Acima de 50.001 | 80% | Até 2012 |

FONTE: SANEPAR (2006)

Para os municípios com população inferior a 5.000 habitantes e com condições técnicas favoráveis, deverá ser incentivada a adoção de solução individual para o esgoto doméstico, através da implantação de fossas sépticas.

As diretrizes parcialmente apontadas podem ser melhores detalhadas conforme a seguir:

- Tratar 100% do esgoto sanitário coletado, de acordo a legislação ambiental vigente;
- Atender com, no mínimo, 80% de cobertura os serviços de esgoto sanitário – coleta e tratamento - nas cidades com população urbana maior que 50 mil habitantes;
- Atender com, no mínimo, 65% de cobertura os serviços de esgoto sanitário – coleta e tratamento - nas cidades com população urbana entre 5 mil e 50 mil habitantes;

- Fomentar, com soluções alternativas de tratamento de esgoto sanitário, as cidades ou comunidades onde o sistema tradicional não seja viável do ponto de vista técnico-financeiro, através de parcerias entre municípios e Estado;
- Garantir a continuidade do programa “Viva a Natureza - Se Ligue na Rede” visando à adesão à rede pública de coleta de esgoto doméstico;
- Intensificar, em conjunto com outros órgãos públicos, o uso de forma controlada e planejada do lodo de tratamento de esgoto na agricultura;
- Planejar e priorizar os investimentos em esgotamento sanitário em regiões onde os indicadores de saúde pública apontar como um dos principais problemas a incidência de doenças de veiculação hídrica;
- Priorizar o uso de tecnologias de tratamento de esgoto, com comprovada eficiência ambiental, em áreas ambientalmente sensíveis, como grandes adensamentos populacionais e áreas de mananciais de abastecimento público.

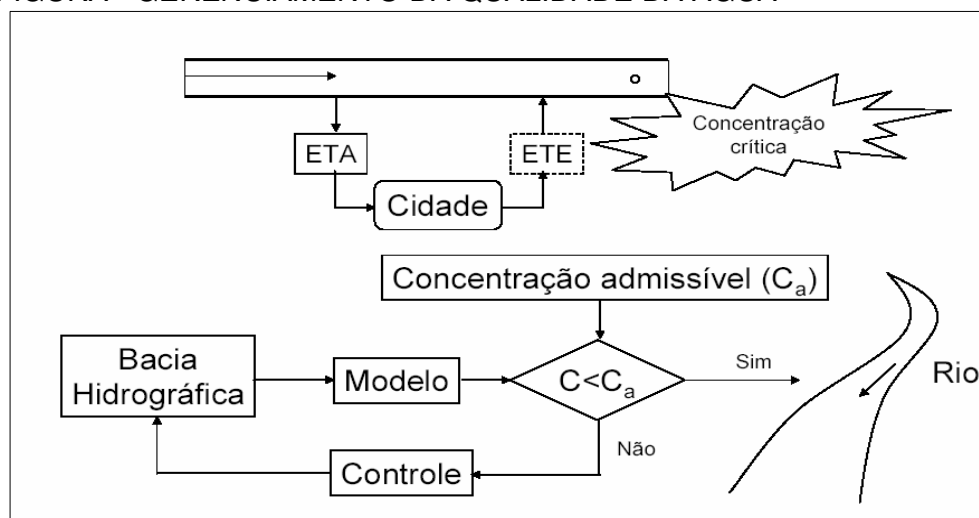
APÊNDICE 2 – MODELO DE QUALIDADE DE ÁGUA UTILIZADO NA PESQUISA

MODELO DE QUALIDADE DE ÁGUA UTILIZADO NA PESQUISA

O adensamento populacional nas grandes cidades provoca graves problemas de poluição, principalmente devido aos esgotos não ou parcialmente tratados que são lançados nos corpos hídricos.

A simulação ou modelagem da qualidade da água em rios representa, de maneira simplificada, as diversas formas de interações e reações que podem ocorrer, através do estabelecimento de hipóteses sobre o comportamento de um meio físico. Considerando uma cidade e seus problemas advindos da expansão demográfica, como mostra a figura, a existência de uma Estação de Tratamento de Água (ETA) tem como objetivo coletar a água do rio, tratar e distribuir à população água potável para consumo humano. A Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) tem função principal de devolver ao rio removido da carga poluidora do esgoto lançado, propiciando um nível aceitável de qualidade da água no corpo receptor. Entretanto, para determinar o nível adequado, é necessário predizer a variação na qualidade da água em função de uma carga lançada no rio, ou seja, é necessário estabelecer uma relação entre a carga (W) e a concentração resultante (C) no corpo receptor. Isto posto, a simulação da qualidade de água através de modelos matemáticos permite o conhecimento da capacidade de autodepuração do corpo hídrico, bem como norteia as diretrizes para o planejamento e seu uso.

FIGURA - GERENCIAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA



FONTE: ADAPTADO DE KISHI (2006) E CHAPRA (1997)

Os modelos de qualidade da água são baseados na conservação de massas; isto é, em um finito volume de água, não há criação ou destruição de massa. Em termos quantitativos, o princípio é expresso como uma equação de balanço de massa que estima toda a transferência de matéria através dos limites do sistema e todas as transformações que ocorrem dentro do sistema (CHAPRA, 1997). Para um determinado período de tempo, isto pode ser expresso como:

$$\text{Acúmulo} = \text{cargas} \pm \text{transporte} \pm \text{reações} \quad (1)$$

Para facilitar a compreensão ao estudar modelos de qualidade de água, é necessária a definição da representação numérica de concentração e carga, bem como demais quantidades utilizadas nos modelos matemáticos para avaliar a qualidade da água.

QUANTIDADES FUNDAMENTAIS

Massa e Concentração

O montante de poluente em um sistema é representado pela sua massa. A utilidade da concentração ocorre devido ao fato que, como toda quantidade intensiva, a mesma representa a "intensidade" ao invés da "quantidade" de poluição.

$$C = \frac{m}{V} \quad 1.1 - \text{Concentração}$$

Onde:

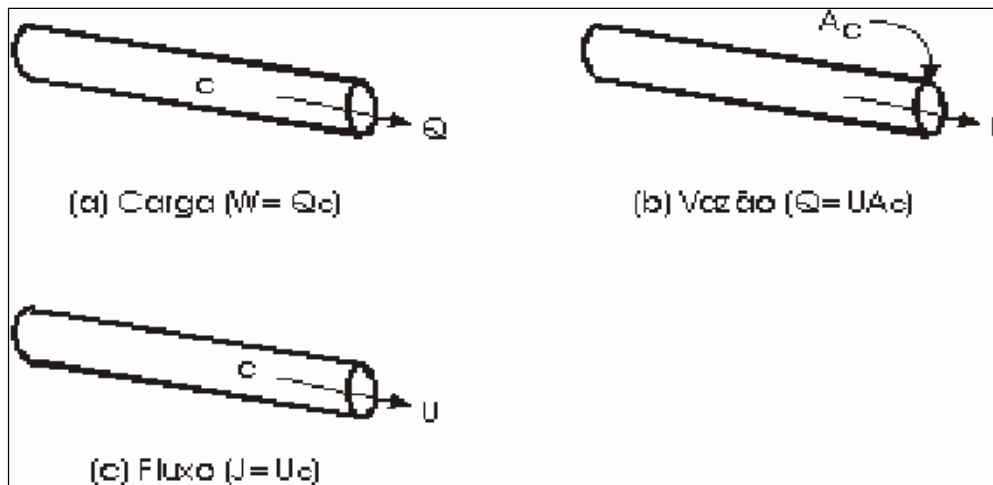
m - massa (M),

V - Volume (L³)

Taxas

Propriedades que são normalizadas em relação do tempo.

FIGURA - TAXAS FUNDAMENTAIS USADAS EM MODELAGEM DA QUALIDADE DA ÁGUA: CARGA (a), VAZÃO (b) e FLUXO (c)



FONTE: CHAPRA (1997)

a) Carga – W

A taxa da Carga pode ser calculada através da massa m de poluentes durante um período de tempo:

$$W = \frac{m}{t} \quad 1.2 - \text{Carga}$$

Sendo:

m - massa (M),

t - tempo (T)

ou

$$W = QC \quad 1.3 - \text{Carga}$$

Onde:

Q – vazão (L^3T^{-1})

C - Concentração ($M L^{-3}$)

b) Vazão - Q

$$Q = UA_c \quad 1.4 - \text{Vazão (L}^3\text{T}^{-1}\text{)}$$

Sendo:

U – Velocidade da água no conduto (L T⁻¹)

A_c - Área seccional do conduto (L²)

c) Fluxo - J

$$J = \frac{m}{tA_c} = \frac{W}{A_c} \quad 1.5 - \text{Fluxo (MT}^{-1}\text{L}^{-2}\text{)}$$

Sendo:

m- massa (M)

t - tempo (T)

A_c - Área seccional do conduto (L²)

Ou

$$J = Uc \quad 1.6 - \text{Fluxo (MT}^{-1}\text{L}^{-2}\text{)}$$

Sendo:

U – Velocidade da água no conduto (LT⁻¹)

c - Concentração (M L⁻³)

MODELO DE QUALIDADE DA ÁGUA – QUAL2E

O modelo matemático QUAL2E (Stream Water Quality Model) foi desenvolvido por Brown e Barnwell em 1987. É um modelo bastante utilizado, capaz de simular um número grande de constituintes de qualidade da água, considerando que estão completamente misturados ao escoamento, usando o método das

diferenças finitas para solução da equação unidimensional do transporte (advecção e dispersão) e de reação dos constituintes.

O modelo assume que os principais mecanismos de transporte, advecção e dispersão, são significativos apenas ao longo da direção principal do escoamento (eixo longitudinal do rio ou canal). Em uma simulação, podem ser considerados vários pontos de lançamento (cargas industriais e domésticas), captações, entradas de tributários e de vazões incrementais, que podem ser positivas (contribuição do aquífero para o rio ou escoamento superficial que chega a calha do rio em um determinado trecho) ou negativas (contribuição do rio para o aquífero e retiradas de água). O modelo pode ser operado como permanente ou dinâmico. Quando operado na forma permanente pode ser usado para estudo do impacto dos despejos (magnitude, qualidade e localização) na qualidade da água do rio.

O modelo pode simular no máximo 15 constituintes de qualidade da água em qualquer combinação desejada pelo usuário. Estes constituintes são:

- 1- Oxigênio dissolvido
- 2- Demanda Bioquímica de Oxigênio
- 3- Temperatura
- 4- Algas
- 5- Nitrogênio Orgânico
- 6- Amônia
- 7- Nitrito
- 8- Nitrato
- 9- Fósforo Orgânico
- 10- Fósforo Dissolvido
- 11- Coliformes
- 12- Constituinte não conservativo (arbitrário)
- 13- Três constituintes conservativos

MODELO ATUAL DO QUAL2E

A versão atual do QUAL2E foi desenvolvida através de uma parceria entre o departamento de Engenharia Civil da Universidade de Tufts e o Laboratório de Pesquisa Ambiental da USEPA (Environmental Protection Agency, EUA).

Representação Conceitual do Modelo

O QUAL2E permite a simulação de qualquer sistema fluvial ramificado e unidimensional. O rio ou trecho de rio, a ser simulado, é dividido em trechos com características hidráulicas homogêneas (declividade, rugosidade, seção transversal, etc.), através de uma representação esquemática.

Cada trecho é subdividido em elementos computacionais de comprimentos (EC) iguais, tal que todo o rio seja igualmente dividido em elementos de mesmo comprimento. Todos os trechos devem possuir um número inteiro de Elementos Computacionais (ECs). No total, podem ser utilizados 7 (sete) tipos de Elementos Computacionais (ECs):

1. Cabeceira - primeiro elemento do sistema principal e, eventualmente, de cada tributário (H);
2. padrão - é aquele que não se enquadra como nenhum dos seis elementos restantes (S);
3. junção - elemento que representa a entrada de um tributário a ser simulado (J);
4. elemento a montante de uma junção (U);
5. último elemento do sistema (E);
6. despejos - cargas domésticas e industriais, vazões e respectivas cargas de tributários que não estão sendo simulados (P);
7. retiradas - captações para abastecimento de municípios ou indústrias (W).

Os dados hidráulicos, os coeficientes de reação dos constituintes, as condições iniciais e as vazões incrementais são constantes para todos os elementos computacionais dentro de um mesmo trecho.

O modelo QUAL2E, mesmo sendo empregado de forma intensa para avaliar a qualidade da água, possui certas limitações computacionais, que podem ser

alteradas através da linguagem ANSI FORTRAN 77. Tais limitações, na versão 3.14 de Janeiro de 1992, utilizado neste trabalho, são:

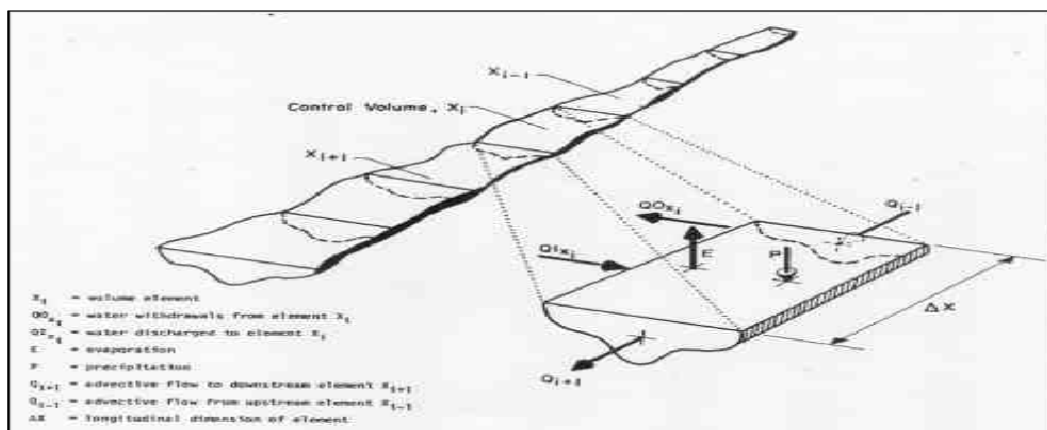
- Trechos: máximo de 50;
- Elementos computacionais: máximo de 20 por trecho ou um total de 1000;
- Elementos de cabeceira: máximo de 7;
- Elementos de junção: máximo de 6;
- Descargas e retiradas: máximo de 50.

Representação Funcional do Modelo

Para compreender a simulação do modelo feita em corpos de água, a figura abaixo apresenta um trecho n de rio, subdividido em determinado número de Elementos Computacionais - Ecs - com comprimento Δx . O balanço hidráulico para cada EC pode ser descrito em função do fluxo de entrada no elemento, fontes e retiradas externas e do fluxo de saída. O balanço de massa para cada EC pode ser descrito dentro do elemento, considerando as contribuições de advecção e da dispersão como os responsáveis pelo transporte de massa ao longo do eixo longitudinal do sistema. A massa pode ser adicionada ou removida via fontes internas tais como demandas sedimentares e transformações biológicas. Cada Elemento Computacional é considerado completamente homogêneo.

Utilizando desses conceitos, o rio pode ser considerado como a união de reatores ECs completamente misturados, unidos sequencialmente via mecanismos de advecção e dispersão. Os grupos de reatores que possuem as mesmas propriedades hidrológicas podem ser definidos como trechos (BROWN e BARNWELL, 1987).

FIGURA - REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA SUBDIVISÃO DE UM TRECHO DE RIO, SEGUNDO A METODOLOGIA DO QUAL2E



FONTE: ADAPTADO DE BROWN E BARNWELL (1987)

O trabalho menciona as principais interações conforme o foco do estudo, estando as demais correlações e ou reações expostas detalhadamente em BROWN e BARNWELL (1987).

EQUAÇÕES DO MODELO QUAL2E

Remoção da matéria orgânica

O QUAL2E supõe uma reação de primeira ordem para descrever a desoxigenação do sistema devido à demanda bioquímica de oxigênio – DBO. A remoção da matéria orgânica pode ocorrer através dos processos de degradação, arraste e floculação e sedimentação no corpo hídrico, segundo a equação:

$$\frac{dL}{dt} = -k_1 L - k_3 L$$

Onde:

L é a concentração de DBO carbonácea (mg/L);

k_1 é o coeficiente cinético de desoxigenação, dependente da temperatura (dia^{-1});

k_3 é a taxa de perda de DBO devido à sedimentação, dependente da temperatura (dia^{-1}).

O modelo simula valores de DBO total ou DBO_{20} que poderá ser transformado para DBO_5 , através da equação:

$$DBO_5 = DBO_{20} (1,0 - \exp(-5 K_{DBO}))$$

onde K_{DBO} é a constante de conversão

Modelagem do oxigênio dissolvido

A concentração de oxigênio dissolvido na água é resultante de um balanço entre a quantidade consumida, a quantidade produzida e a injetada no meio.

O QUAL2E considera como principais fontes de produção de oxigênio a reaeração atmosférica, a fotossíntese das algas e cargas afluentes (tributários). As fontes de remoção ou depleção do oxigênio estão associadas à oxidação bioquímica da matéria orgânica carbonácea e nitrogenada, demanda bentônica (demanda sedimentar de oxigênio) e respiração das algas (FISCHER, 1995).

No modelo QUAL2E, a equação diferencial utilizada para descrever a concentração de oxigênio dissolvida no sistema é dada a seguir:

$$\frac{dO}{dt} = k_2 (O^* - O) + (\alpha_3 \mu - \alpha_4 \rho) A - k_1 L - \frac{k_4}{d} - \alpha_5 \beta_1 N_1 - \alpha_6 \beta_2 N_2$$

Onde:

O é a concentração de OD (M/L^3);

O^* é a concentração de saturação de oxigênio em água, a dada temperatura (M/L^3);

L é a concentração de DBO carbonácea (mg/L);

k_2 é a taxa de reaeração, de acordo com a difusão de Fick, dependente da temperatura (dia^{-1});

α_3 é a taxa de oxigênio produzido por fotossíntese, por unidade de alga ($mg-O/mg-A$);

α_4 é a taxa de remoção de oxigênio por unidade de alga respirada ($mg-O/mg-A$);

α_5 é a taxa de remoção de oxigênio por unidade de oxidação de amônia ($mg-O/mg-N$);

α_6 é a taxa de remoção de oxigênio por unidade de oxidação de nitrito ($mg-O/mg-N$);

μ é a taxa de crescimento de algas, dependente da temperatura (dia^{-1});

ρ é a taxa de respiração das algas, dependente da temperatura (dia^{-1});

A é a concentração de biomassa algal (mg-A/L);

k_4 é o coeficiente cinético da demanda bentônica de oxigênio, dependente da temperatura ($\text{g/m}^2.\text{dia}$);

β_1 é o coeficiente cinético da oxidação de amônia, dependente da temperatura (dia^{-1});

β_2 é o coeficiente cinético da oxidação de nitrito, dependente da temperatura (dia^{-1});

N_1 é a concentração de amônia (mg-N/L);

N_2 é a concentração de nitrito (mg-N/L).

Se desconsiderar o efeito da fotossíntese, a demanda bentônica de oxigênio e a DBO nitrogenada, os mecanismos de consumo e de introdução de oxigênio no corpo de água ficam reduzidos ao consumo de oxigênio pela DBO carbonácea (desoxigenação - K_1) e à passagem de oxigênio atmosférico do ar para a água (reaeração - K_2).

Adotando essas premissas, a equação diferencial descrita anteriormente pode ser simplificada:

$$\frac{dO}{dt} = K_2 (O^* - O) - K_1 L$$

O parâmetro de reaeração K_2 pode ser calculado através de 8 (oito) opções, sendo 6 (seis) equações descritas na literatura e 2 (duas) opções para valores medidos de K_2 . Esses valores são frequentemente expressos em função da profundidade do canal e da velocidade, conforme a tabela. Para os valores de K_2 medidos, pode-se entrar diretamente com os dados do parâmetro.

TABELA - EQUAÇÕES INCORPORADAS AO MODELO QUAL2E PARA VALORES DE K_2 (d^{-1}), a 20 °C.

| Autores | Equação no SI |
|--------------------------------|------------------------------------|
| O'Connor e Dobbins (1958) | $3,95 \frac{U^{0,5}}{H^{1,5}}$ |
| Churchill <i>et al.</i> (1962) | $5,03 \frac{U^{0,969}}{H^{1,673}}$ |
| Owens <i>et al.</i> (1964) | $5,34 \frac{U^{0,67}}{H^{1,85}}$ |
| Thackston e Krenkel (1966) | $\frac{24,9(1 + F^{0,5})u^*}{H}$ |
| Langbien e Durum (1967) | $5,13 \frac{U}{H^{1,33}}$ |
| Tsivoglou e Wallace (1972) | $c \frac{\Delta H}{t_f}$ |

FONTE: BROWN E BARNWELL (1987)

U = velocidade média no trecho, (m/s)

H = profundidade média no trecho, (m)

S = declividade no trecho, (m/m)

u^* = velocidade de cisalhamento, (m/s)

F = Número de Froude, (adimensional) = $u^*/(gH)^{0,5}$

Q = Vazão, (m^3/s)

g = aceleração da gravidade (m/s^2)

c = coeficiente de TSIVOGLU e WALLACE, (1/m). Adotado em $0,177 m^{-1}$, para vazões na faixa de $0,42 m^3/s \leq Q \leq 84,96 m^3/s$

ΔH = mudança no nível da água (m)

t_f = tempo de resistência da vazão (d)]

Concentração de saturação de oxigênio dissolvido

A concentração de saturação de oxigênio para as condições locais em função da temperatura e da pressão é calculada pelo modelo QUAL2E através da seguinte equação:

$$\ln C'_s = -139,34411 + \frac{1,575701 \times 10^5}{T} - \frac{6,642308 \times 10^7}{T^2} + \frac{1,243800 \times 10^{10}}{T^3} - \frac{8,621949 \times 10^{11}}{T^4}$$

Onde:

C'_s = concentração de oxigênio de equilíbrio, a 1 atmosfera de pressão, (mg/L);

T = temperatura da água (°K) = (°C) + 273,15.

A concentração obtida pela equação (3.14) deverá ser corrigida para a pressão atmosférica local através da equação abaixo:

$$C_s = C'_s \times P$$

Onde:

C_s = concentração de saturação de oxigênio dissolvido em condições locais de temperatura e pressão, (mg/L);

P = pressão atmosférica local, (atm.).

Dados hidráulicos

O modelo QUAL2E possui dois métodos de correlação entre velocidade, profundidade e vazão. No primeiro método, utilizam-se coeficientes de descarga. Equações 2.7.a (velocidade), 2.8.b (área) e 2.9.c (profundidade). O segundo método é calculado através de dados de levantamentos topobatimétricos, relacionados à profundidade do canal e a forma da seção transversal, aproximando-a de um trapézio. Conhecidos os valores da inclinação lateral, largura e a declividade do canal, a velocidade média no trecho pode ser obtida através da fórmula de Manning.

$$U = aQ^b$$

$$A = Q/U$$

$$H = \alpha Q^\beta$$

Onde a. b. α e β são constantes empíricas (dados de entrada), obtidas por métodos de ajuste com os dados de campo correspondentes a cada trecho do segmento fluvial.

O modelo QUAL2E utiliza a equação 2 de balanço de massa para simular as características de qualidade da água:

$$\underbrace{V \frac{\partial c}{\partial t}}_{\text{Acumulação}} = \underbrace{\frac{\partial \left(A_x D_L \frac{\partial c}{\partial x} \right)}{\partial x}}_{\text{Dispersão}} dx - \underbrace{\frac{\partial (A_x \bar{U} c)}{\partial x}}_{\text{Advecção}} dx + \underbrace{V \frac{dc}{dt}}_{\text{Cinética}} \pm \underbrace{F_e}_{\text{Fontes externas}}$$

Transporte

Onde:

$V =$ volume

$c =$ concentração do constituinte

$A_x =$ área da seção transversal de cada elemento computacional

$D_L =$ coeficiente de dispersão longitudinal

$x =$ distância

$\overline{U} =$ velocidade média do escoamento

$F_e =$ fontes externas (positiva) ou escoadouro (negativo) do constituinte

O primeiro termo da equação representa a variação do constituinte ao longo do tempo, o segundo representa o transporte de um constituinte quanto à dispersão e o terceiro termo representa transporte de um constituinte quanto à advecção. O quarto corresponde às reações cinéticas, isto é, geração e extinção do constituinte através das reações físicas, químicas ou biológicas com outras grandezas ou com o próprio fluido. O último termo refere-se às entradas e saídas, ou seja, os lançamentos e as captações.

O modelo utiliza dois mecanismos para o transporte dos poluentes: advecção e dispersão. A *advecção* corresponde ao transporte de um constituinte pelo campo de velocidades do meio fluido que o contém, ou seja, resulta de um fluxo unidimensional que não muda a identidade da substância transportada na direção do escoamento do fluido. O modelo considera o escoamento como permanente, supondo que a vazão não varia de acordo com o tempo; e não uniforme, considerando que a concentração dos constituintes varia espacialmente. O processo de *dispersão* se caracteriza pela dispersão das moléculas do constituinte devido aos processos de mistura dentro do volume de controle.

Limitações do Modelo

O modelo de qualidade da água QUAL2E incorpora algumas simplificações para facilitar as simulações. Estas simplificações podem gerar alguns inconvenientes e limitações específicas para certas aplicações. Por outro lado, conferem menor robustez ao modelo.

SHANAHAN et al. (1998) publicaram um trabalho seqüencial em 3 etapas, onde são abordadas a evolução, limitações e sugestões de melhoria no que diz respeito à aplicação do QUAL2E na modelagem da qualidade de água. Entretanto, é possível descrever as principais limitações do modelo:

- Não permite simulação para condições fora do fluxo estacionário;
- São avaliadas somente as emissões constantes, não permitindo qualquer intermitência das cargas ou mesmo de fluxo;
- Limitações devido às contribuições de cargas não pontuais, pois o modelo não prevê em sua formulação matemática e quase sempre estão presentes no corpo hídrico a ser modelado;
- Deficiência no fechamento do balanço de massa envolvendo interações com o sedimento, devido à sedimentação de fundo (lodo), como nitrogênio orgânico, fósforo orgânico e DBO;
- Na calibração do modelo é utilizado o coeficiente de reaeração K_2 constante para todo o trecho ou tramo estudado. Porém, este coeficiente é tido em função da temperatura, profundidade do rio ou canal e da velocidade e fontes não pontuais podem alterar o fluxo do rio e com isso o valor de K_2 ;
- O modelo não permite diferentes comprimentos de ECs em diferentes tramos ou trechos, dificultando uma localização mais exata das fontes pontuais ou de captações no rio ou canal;
- O número de tramos ou trechos não pode ser superior a 50, sendo que o número máximo de Elementos Computacionais não poderá ultrapassar o número de 1000.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar das limitações impostas pelo modelo, é importante esclarecer que o mesmo é utilizado como um recurso que orienta tomada de decisão no nível estratégico, sendo utilizado como norteador para a gestão da bacia hidrográfica como unidade de planejamento.

APÊNDICE 3 – RESULTADOS QUAL2E – PALMITAL E PIANDUVA - 2005

TABELA - RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES DE MEDIDAS NO QUAL2E –
PALMITAL – 2005 - Q95%

| Palmital 2005 | Q95% | | | | | | | | | |
|------------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| | Diagnóstico | | Cenário A | | Cenário S1 | | Cenário S | | Cenário IDEAL | |
| km | OD (mg/L) | DBO (mg/L) | OD (mg/L) | DBO (mg/L) | OD (mg/L) | DBO (mg/L) | OD (mg/L) | DBO (mg/L) | OD (mg/L) | DBO (mg/L) |
| 0 | 3,78 | 4,44 | 3,78 | 4,44 | 3,78 | 4,44 | 3,78 | 4,44 | 3,78 | 4,44 |
| 1 | 6,07 | 5,8 | 6,07 | 5,47 | 6,07 | 5,38 | 6,07 | 4,96 | 6,08 | 4,18 |
| 2 | 6,54 | 6 | 6,54 | 5,59 | 6,54 | 5,48 | 6,55 | 4,95 | 6,55 | 3,97 |
| 3 | 6,77 | 5,96 | 6,77 | 5,52 | 6,77 | 5,4 | 6,77 | 4,84 | 6,78 | 3,79 |
| 4 | 6,92 | 5,86 | 6,92 | 5,41 | 6,92 | 5,29 | 6,92 | 4,71 | 6,93 | 3,64 |
| 5 | 6,21 | 20,19 | 6,24 | 17,53 | 6,24 | 16,83 | 6,28 | 13,44 | 6,36 | 6,63 |
| 6 | 6,85 | 26,08 | 6,9 | 22,18 | 6,91 | 20,9 | 6,96 | 16,13 | 7,07 | 6,45 |
| 7 | 7,14 | 30,4 | 7,19 | 25,62 | 7,21 | 23,94 | 7,26 | 18,15 | 7,38 | 6,33 |
| 8 | 7,26 | 33,54 | 7,31 | 28,15 | 7,33 | 26,16 | 7,39 | 19,64 | 7,51 | 6,22 |
| 9 | 5,53 | 105,58 | 5,75 | 91,44 | 5,81 | 87,39 | 6,14 | 66,39 | 6,94 | 12,18 |
| 10 | 5,35 | 88,12 | 5,46 | 77,75 | 5,49 | 74,86 | 5,64 | 60,34 | 5,97 | 26,24 |
| 11 | 5,76 | 109,05 | 5,92 | 96,33 | 5,97 | 92,79 | 6,21 | 74,08 | 6,77 | 26,5 |
| 12 | 5,94 | 123,39 | 6,13 | 109,41 | 6,19 | 105,51 | 6,47 | 84,23 | 7,17 | 26,66 |
| 13 | 6,01 | 122,71 | 6,23 | 108,85 | 6,29 | 104,99 | 6,61 | 83,72 | 7,4 | 25,37 |
| 14 | 4,99 | 119,72 | 5,28 | 106,17 | 5,36 | 102,4 | 5,79 | 81,52 | 6,96 | 23,68 |
| 15 | 4,19 | 116,95 | 4,53 | 103,69 | 4,63 | 100 | 5,15 | 79,49 | 6,63 | 22,18 |
| 16 | 3,55 | 114,36 | 3,94 | 101,38 | 4,04 | 97,77 | 4,65 | 77,61 | 6,37 | 20,86 |
| 17 | 3,03 | 111,95 | 3,46 | 99,22 | 3,58 | 95,68 | 4,25 | 75,86 | 6,18 | 19,68 |
| 18 | 2,62 | 109,66 | 3,08 | 97,17 | 3,21 | 93,7 | 3,93 | 74,22 | 6,03 | 18,67 |
| 19 | 2,39 | 101,11 | 2,61 | 86,96 | 2,67 | 83,52 | 2,69 | 67,27 | 3,49 | 37,65 |
| 20 | 2,24 | 93,33 | 2,53 | 80,34 | 2,6 | 77,18 | 2,71 | 62,42 | 3,62 | 34,85 |

TABELA - RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES DE MEDIDAS NO QUAL2E –
PALMITAL – 2005 - QMLP

| Palmital 2005 | Qmlp | | | | | | | | | |
|------------------|-------------|------------|-----------|------------|------------|------------|-----------|------------|---------------|------------|
| | Diagnóstico | | Cenário A | | Cenário S1 | | Cenário S | | Cenário IDEAL | |
| km | OD (mg/L) | DBO (mg/L) | OD (mg/L) | DBO (mg/L) | OD (mg/L) | DBO (mg/L) | OD (mg/L) | DBO (mg/L) | OD (mg/L) | DBO (mg/L) |
| 0 | 6,81 | 4,73 | 6,81 | 4,73 | 6,81 | 4,73 | 6,81 | 4,73 | 6,81 | 4,73 |
| 1 | 7,5 | 4,81 | 7,5 | 4,76 | 7,5 | 4,74 | 7,5 | 4,68 | 7,5 | 4,56 |
| 2 | 7,72 | 4,75 | 7,72 | 4,69 | 7,72 | 4,67 | 7,73 | 4,59 | 7,73 | 4,43 |
| 3 | 7,84 | 4,68 | 7,84 | 4,61 | 7,84 | 4,59 | 7,84 | 4,49 | 7,85 | 4,32 |
| 4 | 7,92 | 4,6 | 7,92 | 4,53 | 7,92 | 4,51 | 7,92 | 4,41 | 7,92 | 4,23 |
| 5 | 6,41 | 8,52 | 6,42 | 8,1 | 6,42 | 7,98 | 6,43 | 7,46 | 6,45 | 6,42 |
| 6 | 6,93 | 9,29 | 6,95 | 8,63 | 6,95 | 8,41 | 6,96 | 7,63 | 6,99 | 6,11 |
| 7 | 7,28 | 9,89 | 7,3 | 9,05 | 7,3 | 8,76 | 7,32 | 7,78 | 7,35 | 5,88 |
| 8 | 7,5 | 10,38 | 7,52 | 9,39 | 7,53 | 9,04 | 7,55 | 7,9 | 7,59 | 5,68 |
| 9 | 6,58 | 26,22 | 6,65 | 22,44 | 6,67 | 21,42 | 6,76 | 16,6 | 6,96 | 6,73 |
| 10 | 6,43 | 26,09 | 6,48 | 22,93 | 6,5 | 22,08 | 6,57 | 18,06 | 6,72 | 9,89 |
| 11 | 6,51 | 32,88 | 6,59 | 28,52 | 6,61 | 27,36 | 6,71 | 21,72 | 6,91 | 10,05 |
| 12 | 6,57 | 38,22 | 6,66 | 32,95 | 6,68 | 31,56 | 6,81 | 24,66 | 7,06 | 10,17 |
| 13 | 6,67 | 38,95 | 6,77 | 33,53 | 6,8 | 32,1 | 6,93 | 24,97 | 7,21 | 9,94 |
| 14 | 6,37 | 39,1 | 6,5 | 33,61 | 6,53 | 32,16 | 6,7 | 24,92 | 7,06 | 9,61 |
| 15 | 6,11 | 39,19 | 6,26 | 33,64 | 6,3 | 32,18 | 6,51 | 24,85 | 6,94 | 9,3 |
| 16 | 5,88 | 39,21 | 6,05 | 33,62 | 6,1 | 32,16 | 6,33 | 24,76 | 6,82 | 9,02 |
| 17 | 5,67 | 39,19 | 5,87 | 33,57 | 5,92 | 32,1 | 6,17 | 24,66 | 6,73 | 8,77 |
| 18 | 5,49 | 39,12 | 5,7 | 33,49 | 5,75 | 32,02 | 6,03 | 24,55 | 6,64 | 8,56 |
| 19 | 5,37 | 36,67 | 5,43 | 32,4 | 5,44 | 31,32 | 5,38 | 27,05 | 5,77 | 15,1 |
| 20 | 5,28 | 34,44 | 5,35 | 30,46 | 5,37 | 29,46 | 5,33 | 25,49 | 5,74 | 14,31 |

TABELA - RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES DE MEDIDAS NO QUAL2E –
PALMITAL – 2005 - Q80%

| Palmital 2005 | Q80% | | | | | | | | | |
|------------------|-------------|------------|-----------|------------|------------|------------|-----------|------------|---------------|------------|
| | Diagnóstico | | Cenário A | | Cenário S1 | | Cenário S | | Cenário IDEAL | |
| km | OD (mg/L) | DBO (mg/L) | OD (mg/L) | DBO (mg/L) | OD (mg/L) | DBO (mg/L) | OD (mg/L) | DBO (mg/L) | OD (mg/L) | DBO (mg/L) |
| 0 | 5,29 | 4,58 | 5,29 | 4,58 | 5,29 | 4,58 | 5,29 | 4,58 | 5,29 | 4,58 |
| 1 | 6,84 | 5,15 | 6,84 | 4,98 | 6,84 | 4,94 | 6,84 | 4,73 | 6,84 | 4,34 |
| 2 | 7,22 | 5,19 | 7,22 | 4,98 | 7,22 | 4,92 | 7,22 | 4,66 | 7,22 | 4,16 |
| 3 | 7,4 | 5,12 | 7,4 | 4,9 | 7,4 | 4,83 | 7,4 | 4,55 | 7,41 | 4,01 |
| 4 | 7,52 | 5,03 | 7,52 | 4,8 | 7,52 | 4,73 | 7,52 | 4,43 | 7,53 | 3,88 |
| 5 | 6,47 | 13,32 | 6,49 | 11,94 | 6,5 | 11,58 | 6,52 | 9,85 | 6,57 | 6,43 |
| 6 | 7,12 | 16,35 | 7,15 | 14,27 | 7,16 | 13,6 | 7,19 | 11,1 | 7,26 | 6,15 |
| 7 | 7,46 | 18,67 | 7,49 | 16,06 | 7,5 | 15,15 | 7,54 | 12,07 | 7,62 | 5,95 |
| 8 | 7,63 | 20,43 | 7,66 | 17,43 | 7,68 | 16,34 | 7,72 | 12,81 | 7,81 | 5,78 |
| 9 | 6,2 | 65,03 | 6,38 | 55,27 | 6,42 | 52,56 | 6,66 | 39,19 | 7,18 | 8,89 |
| 10 | 5,98 | 59,17 | 6,09 | 51,68 | 6,11 | 49,62 | 6,25 | 39,58 | 6,55 | 17,64 |
| 11 | 6,24 | 74,68 | 6,38 | 64,95 | 6,42 | 62,3 | 6,62 | 48,81 | 7,05 | 17,84 |
| 12 | 6,37 | 86,01 | 6,54 | 74,83 | 6,58 | 71,79 | 6,82 | 55,9 | 7,35 | 17,97 |
| 13 | 6,47 | 86,47 | 6,65 | 75,23 | 6,7 | 72,17 | 6,97 | 56,08 | 7,57 | 17,27 |
| 14 | 5,77 | 85,37 | 6,02 | 74,24 | 6,09 | 71,21 | 6,44 | 55,21 | 7,28 | 16,34 |
| 15 | 5,2 | 84,27 | 5,5 | 73,26 | 5,58 | 70,27 | 6 | 54,38 | 7,05 | 15,5 |
| 16 | 4,72 | 83,19 | 5,06 | 72,3 | 5,15 | 69,34 | 5,64 | 53,57 | 6,86 | 14,75 |
| 17 | 4,32 | 82,12 | 4,69 | 71,35 | 4,79 | 68,43 | 5,34 | 52,79 | 6,71 | 14,07 |
| 18 | 3,98 | 81,05 | 4,38 | 70,41 | 4,49 | 67,52 | 5,09 | 52,03 | 6,58 | 13,5 |
| 19 | 3,79 | 75,03 | 3,93 | 65,12 | 3,97 | 62,68 | 3,9 | 51,87 | 4,61 | 28,17 |
| 20 | 3,66 | 69,56 | 3,84 | 60,43 | 3,89 | 58,17 | 3,88 | 48,3 | 4,66 | 26,23 |

TABELA - RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES DE MEDIDAS NO QUAL2E –
PIANDUVA – 2005 – Q95%

| Pianduva 2005 | Q95% | | | | | | | | | |
|------------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| | Diagnóstico | | Cenário A | | Cenário S1 | | Cenário S | | Cenário IDEAL | |
| km | OD (mg/L) | DBO (mg/L) | OD (mg/L) | DBO (mg/L) | OD (mg/L) | DBO (mg/L) | OD (mg/L) | DBO (mg/L) | OD (mg/L) | DBO (mg/L) |
| 0 | 0 | 4,32 | 0 | 4,32 | 0 | 4,32 | 0 | 4,32 | 0 | 4,32 |
| 1 | 0 | 4,24 | 0 | 3,99 | 0 | 3,84 | 0 | 3,13 | 0 | 2,85 |
| 2 | 0 | 3,56 | 0 | 3,31 | 0 | 3,16 | 0 | 2,46 | 0 | 2,18 |
| 3 | 0 | 3,02 | 0 | 2,8 | 0 | 2,66 | 0 | 2,04 | 0 | 1,79 |
| 4 | 0 | 2,63 | 0 | 2,43 | 0 | 2,31 | 0 | 1,76 | 0 | 1,54 |
| 5 | 7,21 | 3,8 | 7,22 | 3,45 | 7,22 | 3,22 | 7,25 | 2,25 | 7,26 | 1,86 |
| 6 | 7,72 | 5,3 | 7,73 | 4,81 | 7,73 | 4,46 | 7,74 | 3,05 | 7,75 | 2,49 |
| 7 | 8,08 | 5,82 | 8,09 | 5,3 | 8,09 | 4,95 | 8,1 | 3,48 | 8,1 | 2,9 |
| 8 | 8,28 | 6,2 | 8,28 | 5,66 | 8,28 | 5,3 | 8,29 | 3,79 | 8,29 | 3,19 |
| 9 | 8,35 | 6,46 | 8,35 | 5,91 | 8,35 | 5,55 | 8,36 | 4,02 | 8,36 | 3,41 |
| 10 | 8,44 | 7,26 | 8,44 | 6,56 | 8,45 | 6,09 | 8,46 | 4,09 | 8,46 | 3,3 |
| 11 | 8,48 | 7,82 | 8,48 | 7,01 | 8,49 | 6,46 | 8,5 | 4,14 | 8,51 | 3,21 |
| 12 | 7,75 | 10,16 | 7,74 | 9,73 | 7,74 | 9,44 | 7,71 | 8,25 | 7,7 | 7,78 |
| 13 | 7,59 | 11,42 | 7,59 | 11,09 | 7,59 | 10,87 | 7,58 | 9,96 | 7,58 | 9,6 |

TABELA - RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES DE MEDIDAS NO QUAL2E –
PIANDUVA – 2005 – QMLP

| Pianduva 2005 | Qmlp | | | | | | | | | |
|------------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| | Diagnóstico | | Cenário A | | Cenário S1 | | Cenário S | | Cenário IDEAL | |
| km | OD (mg/L) | DBO (mg/L) | OD (mg/L) | DBO (mg/L) | OD (mg/L) | DBO (mg/L) | OD (mg/L) | DBO (mg/L) | OD (mg/L) | DBO (mg/L) |
| 0 | 2,36 | 3,26 | 2,36 | 3,26 | 2,36 | 3,26 | 2,36 | 3,26 | 2,36 | 3,26 |
| 1 | 2,19 | 2,73 | 2,19 | 2,68 | 2,19 | 2,65 | 2,21 | 2,51 | 2,21 | 2,45 |
| 2 | 2,01 | 2,3 | 2,02 | 2,24 | 2,02 | 2,21 | 2,04 | 2,05 | 2,05 | 1,99 |
| 3 | 1,85 | 1,98 | 1,86 | 1,92 | 1,87 | 1,89 | 1,89 | 1,75 | 1,9 | 1,69 |
| 4 | 1,74 | 1,74 | 1,75 | 1,69 | 1,76 | 1,66 | 1,79 | 1,53 | 1,8 | 1,48 |
| 5 | 7,34 | 1,89 | 7,34 | 1,83 | 7,34 | 1,78 | 7,35 | 1,59 | 7,35 | 1,51 |
| 6 | 7,83 | 2,24 | 7,83 | 2,15 | 7,84 | 2,09 | 7,84 | 1,85 | 7,85 | 1,75 |
| 7 | 8,13 | 2,54 | 8,14 | 2,45 | 8,14 | 2,39 | 8,14 | 2,14 | 8,15 | 2,04 |
| 8 | 8,33 | 2,77 | 8,34 | 2,68 | 8,34 | 2,62 | 8,34 | 2,36 | 8,34 | 2,26 |
| 9 | 8,44 | 2,94 | 8,45 | 2,84 | 8,45 | 2,78 | 8,45 | 2,52 | 8,45 | 2,42 |
| 10 | 8,49 | 3,09 | 8,49 | 2,98 | 8,49 | 2,9 | 8,5 | 2,57 | 8,5 | 2,44 |
| 11 | 8,52 | 3,2 | 8,52 | 3,07 | 8,53 | 2,98 | 8,53 | 2,61 | 8,53 | 2,46 |
| 12 | 8,48 | 3,3 | 8,47 | 3,23 | 8,47 | 3,18 | 8,47 | 2,98 | 8,47 | 2,9 |
| 13 | 8,46 | 3,35 | 8,46 | 3,3 | 8,46 | 3,26 | 8,46 | 3,1 | 8,46 | 3,04 |

TABELA - RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES DE MEDIDAS NO QUAL2E –
PIANDUVA – 2005 – Q80%

| Pianduva 2005 km | Q80% | | | | | | | | | |
|------------------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| | Diagnóstico | | Cenário A | | Cenário S1 | | Cenário S | | Cenário IDEAL | |
| | OD (mg/L) | DBO (mg/L) | OD (mg/L) | DBO (mg/L) | OD (mg/L) | DBO (mg/L) | OD (mg/L) | DBO (mg/L) | OD (mg/L) | DBO (mg/L) |
| 0 | 0 | 4,93 | 0 | 4,93 | 0 | 4,93 | 0 | 4,93 | 0 | 4,93 |
| 1 | 0 | 4,2 | 0 | 4,06 | 0 | 3,98 | 0 | 3,57 | 0 | 3,42 |
| 2 | 0 | 3,48 | 0 | 3,33 | 0 | 3,24 | 0 | 2,83 | 0 | 2,67 |
| 3 | 0 | 2,95 | 0 | 2,82 | 0 | 2,74 | 0 | 2,37 | 0 | 2,22 |
| 4 | 0 | 2,57 | 0 | 2,45 | 0 | 2,38 | 0 | 2,05 | 0 | 1,91 |
| 5 | 7,19 | 3,26 | 7,2 | 3,06 | 7,2 | 2,93 | 7,22 | 2,39 | 7,23 | 2,18 |
| 6 | 7,65 | 4,24 | 7,65 | 3,98 | 7,65 | 3,79 | 7,67 | 3,04 | 7,67 | 2,75 |
| 7 | 8,02 | 4,69 | 8,02 | 4,41 | 8,02 | 4,22 | 8,03 | 3,45 | 8,03 | 3,14 |
| 8 | 8,23 | 5,01 | 8,23 | 4,73 | 8,23 | 4,54 | 8,24 | 3,75 | 8,24 | 3,43 |
| 9 | 8,32 | 5,25 | 8,33 | 4,96 | 8,33 | 4,77 | 8,33 | 3,96 | 8,33 | 3,64 |
| 10 | 8,45 | 5,58 | 8,45 | 5,21 | 8,46 | 4,97 | 8,46 | 3,93 | 8,47 | 3,52 |
| 11 | 8,51 | 5,81 | 8,51 | 5,39 | 8,52 | 5,1 | 8,53 | 3,91 | 8,53 | 3,43 |
| 12 | 7,57 | 8,81 | 7,56 | 8,58 | 7,56 | 8,43 | 7,55 | 7,8 | 7,54 | 7,55 |
| 13 | 7,28 | 10,46 | 7,28 | 10,28 | 7,28 | 10,17 | 7,27 | 9,68 | 7,27 | 9,49 |

ANEXOS

| | |
|---|-----|
| ANEXO 1 – MATRIZ DE FONTES DE POLUIÇÃO..... | 247 |
| ANEXO 2 – MATRIZ DE FONTES DE POLUIÇÃO – PALMITAL E PIANDUVA..... | 255 |
| ANEXO 3 – DETALHAMENTO DA BACIA DO PALMITAL E PIANDUVA..... | 261 |
| ANEXO 4 – CALIBRAÇÃO DO MODELO QUAL2E – CURVAS BOX PLOTS..... | 265 |

ANEXO 1 – MATRIZ DE FONTES DE POLUIÇÃO

MATRIZ DE FONTES DE POLUIÇÃO UTILIZADA NO PROJETO DE ENQUADRAMENTO

A matriz de fontes de poluição para a entrada do modelo da qualidade da água QUAL2E é formada por uma tabela principal composta por 117 colunas e uma tabela que auxilia o cálculo de cargas difusas.

Um breve resumo sobre as principais colunas e significados dos dados está descrito a seguir de modo a facilitar a compreensão da estruturação da matriz utilizada no presente estudo.

As 20 primeiras colunas referem-se ao primeiro bloco com os dados da bacia. Nele está identificada a bacia, tramo e os elementos computacionais de acordo com o diagrama topológico. São demonstradas as áreas de drenagens do tramo e dados de extensão e cota à montante e jusante do rio. As colunas 10 a 16 apresentam o elemento computacional de cada tramo, com os dados hidráulicos, coeficiente de Manning, áreas incrementais e acumuladas referentes ao tramo. Da coluna 17 a 20 estão demonstradas a população atendida com coleta e tratamento de esgoto para o ano correspondente. Para o preenchimento destas colunas, os dados foram extraídos do Plano de Despoluição Hídrica (SUDERHSA, 2000).

**TABELA - REPRESENTAÇÃO PARCIAL DA MATRIZ DE FONTES DE POLUIÇÃO
UTILIZADA NO PROJETO ENQUADRAMENTO**

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|--------------|--------------|----------------------------|-------------------------------|------------------------------|----------------------|------------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Bacia | Sigla | Tramo⁽²⁾ | Elemento computacional | Tramo | | | | |
| | | | | Distância da Foz (km) | Extensão (km) | Área (km²) | Cota montante (m) | Cota jusante (m) |
| | | Nº | Nº | | | | | |

| 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|--|---|--|------------------------------------|-------------------------------|--|--|---|------------------------------------|--------------------------------|---------------------------|
| Elemento computacional ($\Delta x=1\text{Km}$)⁽³⁾ | | | | | | | População para o ano de 2005 (Hab) | | | |
| Dados Hidráulicos | | | | | Áreas Incrementais (km²) | Áreas Acumuladas (km²) | Total de Projeto | Não Possui Coleta de Esgoto | Possui Coleta de Esgoto | Com Esgoto Tratado |
| Declividade Longitudinal (m / m) | Declividade do Talude Esquerdo (m / m) | Declividade do Talude Direito (m / m) | Lagura da Base do Canal (m) | Coeficiente de Manning | | | | | | |

O segundo bloco representa as colunas 21 a 26 que informam os dados de vazões extraídos do Projeto HG-77 – Regionalização de vazões em pequenas bacias hidrográficas no Estado do Paraná, CEHPAR, 1994, correspondendo vazão de 50% de permanência (Q_{50%}), vazão de 95% de permanência (Q_{95%}) e vazão média das mínimas de 7 (sete) dias consecutivos em 10 (dez) anos de recorrência (Q_{7,10}). O cálculo das três vazões incrementais do rio é efetuado de acordo com a área incremental informado na coluna 15.

TABELA - REPRESENTAÇÃO PARCIAL DA MATRIZ DE FONTES DE POLUIÇÃO UTILIZADA NO PROJETO ENQUADRAMENTO

| 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 |
|---|--------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|
| Vazão incremental do rio ⁽⁴⁾ | | | | | |
| Q 50% | | Q 95% | | Q 7,10 | |
| L / s km ² | m ³ / s | L / s km ² | m ³ / s | L / s km ² | m ³ / s |

O terceiro bloco apresenta os dados de cargas pontuais dos grandes e demais usuários, bem como usuários difusos. Os grandes usuários são àqueles que possuem captação ou lançamento de efluentes considerados significativos. Neste grupo estão a Sanepar e indústrias de grande porte como, por exemplo, a Petrobrás e Cocelpa. Os demais se caracterizam por pequenas vazões, porém quando agrupados somam valores significativos.

TABELA - REPRESENTAÇÃO PARCIAL DA MATRIZ DE FONTES DE POLUIÇÃO UTILIZADA NO PROJETO ENQUADRAMENTO

| 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 |
|----------|--|------------------------------------|--|--------------------------------|------------------------|--------------------------|------------------------------------|--|--------------------------------|------------------------|
| Afluente | Grandes Usuários Pontuais ⁽⁵⁾ | | | | | Demais Usuários Pontuais | | | | |
| | Nome | Origem (Doméstico / Industrial) | Tipo (Captação / Reservatório / Efluente) | Vazão de Contribuição (L/s) | Carga (kgDBO / dia) | Descrição | Origem (Doméstico / Industrial) | Tipo (Captação / Reservatório / Efluente) | Vazão de Contribuição (L/s) | Carga (kgDBO / dia) |

Os usuários difusos não são identificados com facilidade. No presente estudo, este grupo foi dividido em 6 tipos de uso de solo, quais sejam: urbano de alta densidade, urbano residencial, agricultura, pastagem, floresta/pântano e improdutivo. A poluição por cargas difusas é quantificada com base no tipo de uso do solo. A carga difusa é obtida pelo produto entre concentração média de DBO em função do uso do solo, a vazão específica e a área correspondente ao tipo de uso do solo em análise, sendo que a concentração média de DBO é calculada com base na

tabela abaixo e referenciados pelo Plano de Despoluição Hídrica (SUDERHSA, 2000).

TABELA - CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE DBO PARA FONTE DIFUSA COM RELAÇÃO AO TIPO DE USO DO SOLO.

| Uso do solo | Concentração média de DBO (mg/L) |
|--------------------------|----------------------------------|
| Urbano de alta densidade | 11 |
| Urbano residencial | 18 |
| Agricultura | 5 |
| Pastagem | 7 |
| Floresta / Pântano | 7 |
| Improdutivo | 16 |

FONTE: DHI (Danish Hydraulic Institute)

TABELA - REPRESENTAÇÃO PARCIAL DA MATRIZ DE FONTES DE POLUIÇÃO UTILIZADA NO PROJETO ENQUADRAMENTO

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------|--------------------|-------------------------|-------------------|------------------|-------------------------|-------------------|------------------|-------------------------|-------------------|--------------------|-------------------------|-------------------|------------------|-------------------------|-------------------|
| 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 |
| Usuários Difusos | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Efluente em função do tipo de uso do solo | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Q50% | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Urbano de Alta Densidade | | Urbano Residencial | | | Agricultura | | | Pastagem | | | Floresta / Pântano | | | Improdutivo | | |
| Área (km ²) | Carga (kgDBO/dia) | % do uso do solo | Área (km ²) | Carga (kgDBO/dia) | % do uso do solo | Área (km ²) | Carga (kgDBO/dia) | % do uso do solo | Área (km ²) | Carga (kgDBO/dia) | % do uso do solo | Área (km ²) | Carga (kgDBO/dia) | % do uso do solo | Área (km ²) | Carga (kgDBO/dia) |

Os dados das colunas 55 a 93 referem-se às vazões de $Q_{95\%}$ e $Q_{7,10}$ para as mesmas informações.

O quarto e último bloco (colunas 94 a 117) apresentam os dados de entrada do modelo de qualidade da água QUAL2E adotado no presente estudo, caracterizado para cada vazão considerada, assim, tem-se os dados de carga dos grandes usuários, dos demais usuários e da carga difusa, bem como as respectivas vazões. A tabela exemplifica as colunas de 94 a 101 para as vazões de $Q_{50\%}$. As vazões de 95% de permanência e $Q_{7,10}$ também são calculadas para a simulação dos dados nas colunas posteriores.

TABELA - REPRESENTAÇÃO PARCIAL DA MATRIZ - DADOS DE ENTRADA NO MODELO QUAL2E

| 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | 100 | 101 |
|---|------------------------------------|----------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|------------------------|--|-----------------------------------|
| Dados de Entrada do Modelo de Qualidade da Água | | | | | | | |
| Q50% | | | | | | | |
| Cargas Grandes Usuários (kgDBO/dia) | Cargas Demais Usuários (kgDBO/dia) | Cargas Difusas (kgDBO/dia) | Q Grandes usuários (Qefluente) (m³/s) | Q Demais usuários (Qefluente) (m³/s) | Q Difusa (Qrio) (m³/s) | Concentração de DBO Grandes e Demais Usuários (mg/L) | Concentração de DBO Difuso (mg/L) |

As colunas de 101 a 117 referem-se às vazões de $Q_{95\%}$ e $Q_{7,10}$ para as mesmas informações.

ANEXO 2 – MATRIZ DE FONTES DE POLUIÇÃO – PALMITAL E PIANDUVA

Matriz de Fontes de Poluição
Ano: 2005
Bacia: PALMITAL

| Bacia | Tramos | | | | Dados Hidráulicos | | | | | Dados de População para 2005 | | | | Dados de Entrada no Modelo | | | | | | | |
|----------|--------|-----------------|-------------|-------------|---------------------|--------------------|----------------|------------------|---------------|------------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------|------------|------------------|--------------|--------------|-----------|------------|
| | N° | Elementos Comp. | Início (km) | Fim (km) | Dec. Esquerdo (m/m) | Dec. Direito (m/m) | Larg. base (m) | Dec. Long. (m/m) | Coef. Manning | Total | Sem coleta de Esgoto | Com coleta de esgoto | Com coleta e sem tratamento | Vazão Incr. Q95 (m³/s) | OD (mg/L) | DBO (mg/L) | Fontes Pontuais | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | Grande Usuário | Eficiência % | Vazão (m³/s) | OD (mg/L) | DBO (mg/L) |
| Palmital | 1 | 1 H | 21 | 16 | 0,629 | 0,778 | 7 | 0,0017 | 0,033 | 123 | 123 | 0 | 0 | 0,024 | 8 | 5 | cabeceira | | | | |
| | | 2 P | | | | | | | | | | | | | | | população | | 0,00005716 | 0 | 337,5 |
| | | 3 P | | | | | | | | | | | | | | | população | | 0,00005716 | 0 | 337,5 |
| | | 4 P | | | | | | | | | | | | | | | população | | 0,00005716 | 0 | 337,5 |
| | | 5 P | | | | | | | | | | | | | | | população | | 0,00005716 | 0 | 337,5 |
| | 2 | 1 P | 16 | 15 | 0,667 | 1,429 | 10 | 0,0014 | 0,033 | 1.869 | 1.834 | 35 | 35 | 0,051 | 5 | 7,6 | população | | 0,003396009 | 0 | 337,5 |
| | | 2 P | | | | | | | | | | | | | | | população | | 0,001884341 | 0 | 337,5 |
| | 3 | 1 P | 15 | 12 | 1,522 | 0,724 | 8,500 | 0,002 | 0,033 | 7.399 | 3.052 | 4.347 | 1.295 | 0,026 | 7,000 | 5,000 | população | | 0,001884341 | 0 | 337,5 |
| | | 3 P | | | | | | | | | | | | | | | população | | 0,001884341 | 0 | 337,5 |
| | 4 | 1 P | 12 | 11 | 0,656 | 0,656 | 10,0 | 0,0009 | 0,033 | 34.653 | 34.653 | 0 | 0 | 0,055 | 5 | 6,5 | população | | 0,064178069 | 0 | 337,5 |
| | | 1 P | | | | | | | | | | | | | | | Ete - Guaraituba | 80,00% | 0,079 | 0 | 213,088 |
| | 5 | 2 P | 11 | 8 | 1,071 | 2,200 | 9,300 | 0,003 | 0,033 | 73.998 | 46.471 | 27.527 | 57 | 0,049 | 4,000 | 8,600 | população | | 0,043032197 | 0 | 337,5 |
| | | 3 P | | | | | | | | | | | | | | | população | | 0,043032197 | 0 | 337,5 |
| | | 1 P | | | | | | | | | | | | | | | 8 | 0 | 0,400 | 0,700 | 7,200 |
| | 2 P | população | | 0,015699912 | 0 | 337,5 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 P | população | | 0,015699912 | 0 | 337,5 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 4 P | população | | 0,015699912 | 0 | 337,5 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5 P | população | | 0,015699912 | 0 | 337,5 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 6 P | população | | 0,015699912 | 0 | 337,5 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 7 P | população | | 0,015699912 | 0 | 337,5 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 8 E | população | | 0,015699912 | 0 | 337,5 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Total | 6 | 21 | - | 21 | | | | | | 184.345 | 145.475 | 38.870 | 1.386 | 0.275 | - | - | - | | - | - | - |

FONTE: ADAPTADO DE PORTO et al. (2006)

Matriz de Fontes de Poluição

Ano: 2005

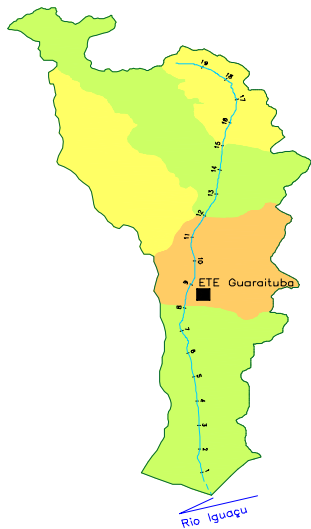
Bacia: PIANDUVA

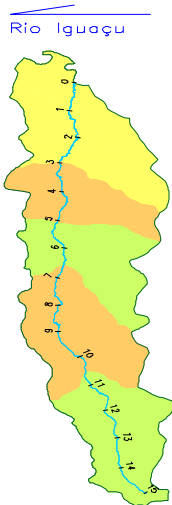
| Bacia | Tramos | | | | Dados Hidráulicos | | | | | Dados de População para 2005 | | | | Dados de Entrada no Modelo | | | | | | |
|----------|--------|-----------------|-------------|----------|---------------------|--------------------|----------------|------------------|---------------|------------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------|------------|-----------------|--------------|-----------|------------|
| | N° | Elementos Comp. | Início (km) | Fim (km) | Dec. Esquerdo (m/m) | Dec. Direito (m/m) | Larg. base (m) | Dec. Long. (m/m) | Coef. Manning | Total | Sem coleta de Esgoto | Com coleta de esgoto | Com coleta e sem tratamento | Vazão Incr. Q95 (m³/s) | Fontes Difusas | | Fontes Pontuais | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | OD (mg/L) | DBO (mg/L) | Grande Usuário | Vazão (m³/s) | OD (mg/L) | DBO (mg/L) |
| Pianduva | 1 | 1 H | 14 | 9 | 1,3 | 2,0 | 3,5 | 0 | 0,033 | 142 | 142 | 0 | 0 | 0,016 | 6 | 5 | | | | |
| | | 2 P | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 3 P | | | | | | | | | | | | | | | população | 0,0000657 | 0 | 337,5 |
| | | 4 P | | | | | | | | | | | | | | | população | 0,0000657 | 0 | 337,5 |
| | | 5 P | | | | | | | | | | | | | | | população | 0,0000657 | 0 | 337,5 |
| | 2 | 1 P | 9 | 7 | 2,5 | 3,0 | 2,0 | 0,005 | 0,033 | 165 | 165 | 0 | 0 | 0,016 | 8 | 2,63 | população | 0,0001528 | 0 | 337,5 |
| | | 2 P | | | | | | | | | | | | | | | população | 0,0001528 | 0 | 337,5 |
| | 3 | 1 P | 7 | 4 | 2,5 | 3,0 | 2,0 | 0,01 | 0,033 | 124 | 124 | 0 | 0 | 0,016 | 8 | 4,13 | população | 0,0000765 | 0 | 337,5 |
| | | 2 P | | | | | | | | | | | | | | | população | 0,0000765 | 0 | 337,5 |
| | | 3 P | | | | | | | | | | | | | | | população | 0,0000765 | 0 | 337,5 |
| | 4 | 1 P | 4 | 2 | 2,5 | 3,0 | 2,0 | 0,01 | 0,033 | 104 | 104 | 0 | 0 | 0,016 | 8 | 2,9 | população | 0,0000963 | 0 | 337,5 |
| | | 2 P | | | | | | | | | | | | | | | população | 0,0000963 | 0 | 337,5 |
| | 5 | 1 P | 2 | 0 | 2,5 | 3,0 | 2,0 | 0,01 | 0,033 | 180 | 180 | 0 | 0 | 0,049 | 8 | 3,75 | população | 0,00033336 | 0 | 337,5 |
| | | 2 E | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Total | 5 | 14 | - | 14 | - | - | - | - | - | 715 | 715 | 0 | 0 | 0,115 | - | - | | | | |

FONTE: ADAPTADO DE PORTO et al. (2006)

ANEXO 3 - DETALHAMENTO DA BACIA DO PALMITAL E PIANDUVA

DETALHAMENTO DA BACIA DO PALMITAL E PIANDUVA

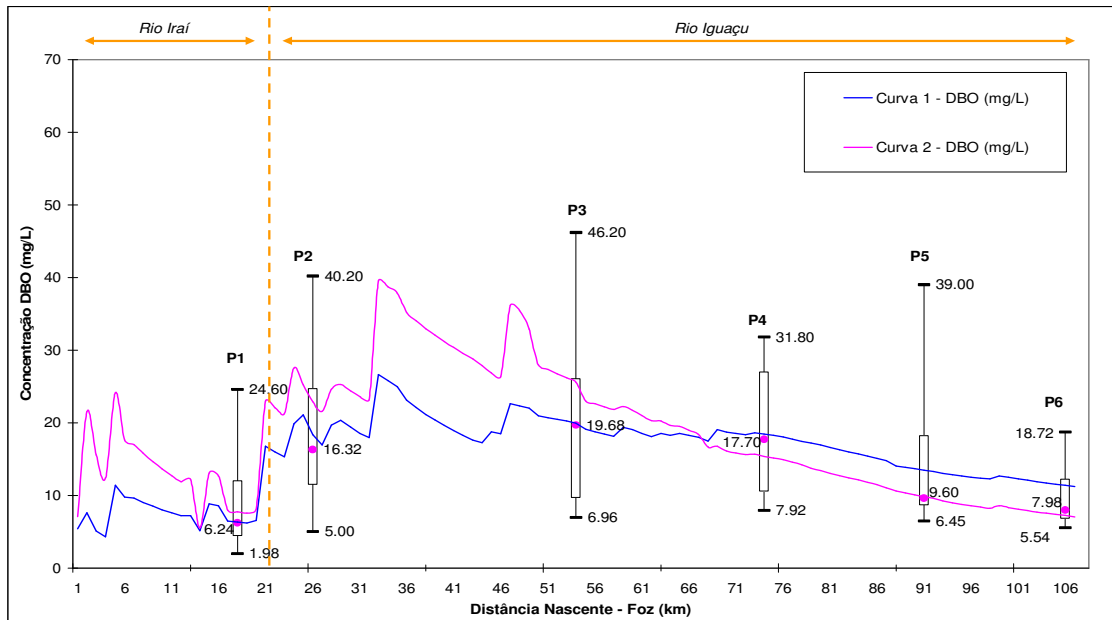
| Bacia: RIO PALMITAL | | Características gerais | | | | |
|--|---|------------------------|-------------------------------|------------------------------|--------|--|
|  <p>Mapa da Bacia do Rio Palmital, mostrando o curso do rio e a localização da ETE Guaraituba. A bacia é dividida em áreas de cor verde e amarela. O rio Iguaçu é mostrado na base da bacia.</p> | Extensão (km): | 21 | Foz: | Rio: | Iguaçu | |
| | Área (km²): | 95,27 | | Tramo: | 07 | |
| | Nº de tramos: | 06 | | E.C. | 04 | |
| | População Total (hab): | | 184.345 | | | |
| | % Sem Coleta de Esgoto | % Com Coleta de Esgoto | % Com Coleta e sem Tratamento | % Com Coleta e Tratamento | | |
| | 79 | 21 | 1 | 20 | | |
| | Uso predominante do solo: Agrícola e urbano de alta densidade | | | | | |
| | Indústrias: | | - | | | |
| | ETE: ETE Guaraituba | | | Corpo Receptor: Rio Palmital | | |
| | Municípios: | | Pinhais Colombo | | | |

| Bacia: RIO PIANDUVA | | Características gerais | | | |
|--|---|------------------------|-------------------------------|---------------------------|--------|
|  <p>Mapa da Bacia do Rio Iguaçu, mostrando o curso do rio e a localização da ETE. A bacia é dividida em áreas de cor verde e amarela. O rio Iguaçu é mostrado na base da bacia.</p> | Extensão (km): | 14 | Foz: | Rio: | Iguaçu |
| | Área (km²): | 30,8 | | Tramo: | 34 |
| | Nº de tramos: | 05 | | E.C. | 01 |
| | População Total (hab): | | 715 | | |
| | % Sem Coleta de Esgoto | % Com Coleta de Esgoto | % Com Coleta e sem Tratamento | % Com Coleta e Tratamento | |
| | 100 | - | - | - | |
| | Uso predominante do solo: Agrícola, com áreas de floresta /pântano. | | | | |
| | Indústrias: | | - | | |
| | ETE: - | | Corpo Receptor: - | | |
| | Municípios: | | Contenda Araucária | | |

Os mapas estão apresentados sem escala, e foram adaptados do Plano de Despoluição Hídrica da Bacia do Alto Iguaçu (SUDERHSA, 2000). Os dados gerais foram adaptados das matrizes de fontes de poluição de cada rio (PORTO et al., 2005) e KNAPIK (2006).

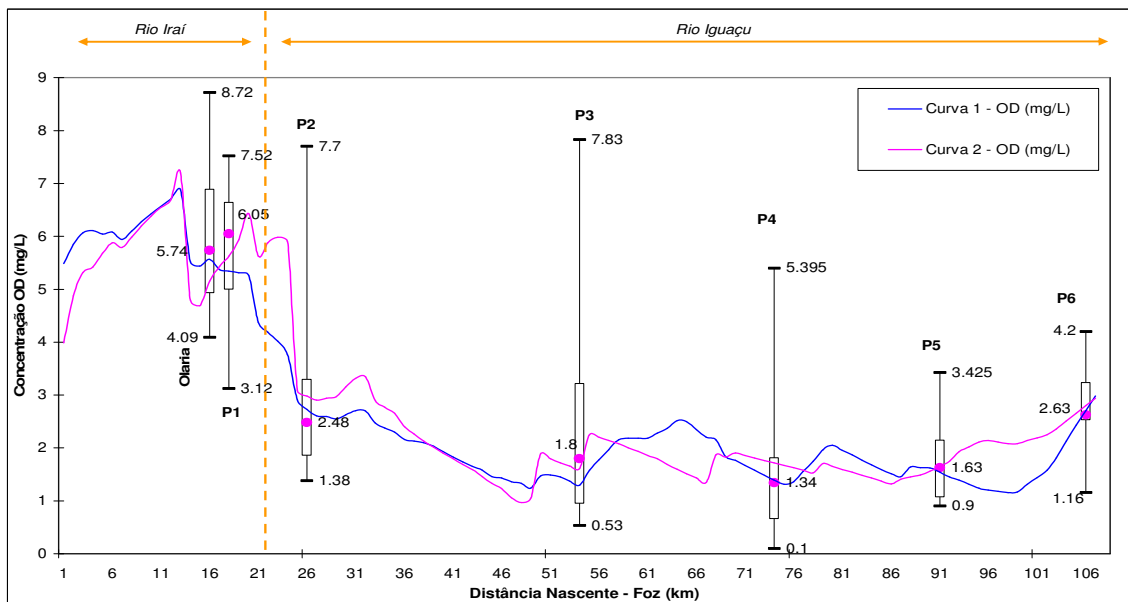
ANEXO 4 – CALIBRAÇÃO DO MODELO QUAL2E – CURVAS BOX PLOTS

Curvas calibradas para os parâmetros k_1 e k_3 , com os Box plots dos dados de monitoramento, para vazão Q_{campo}



FONTE: KNAPIK (2006)

Curvas calibradas para os parâmetros k_2 e k_4 , com os Box plots dos dados de monitoramento, para vazão Q_{campo}



FONTE: KNAPIK (2006)